

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки

Кафедра електронних приладів та пристроїв

«На правах рукопису»
УДК 535.2, 535.8

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри, проф., д.т.н.

_____ Л.Д. Писаренко
“ ____ ” _____ 2018 р.

**Магістерська дисертація
зі спеціальності 171 –Електроніка
Спеціалізація «Електронні прилади та пристрої»**

на тему: **«Автоматизована система керування вентиляцією»**

Виконав:

Студент 2 курсу, гр. ДЕ-71мп **Клебан Ярослав Володимирович** _____

Науковий керівник:

Доцент, канд. техн. наук **Терлецький Олександр Володимирович** _____

Консультант:

Доцент, канд. техн. наук., с.н.с. **Чадюк В.О.** _____

Рецензент:

Наритник Т.М. _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2018

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет (інститут) Електроніки

Кафедра Електронні прилади та пристрої

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою

Спеціальність (спеціалізація) – **171 – Електроніка (Електронні прилади та пристрої)**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, проф., д.т.н.

_____ Л.Д. Писаренко

«_____» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

КЛЕБАНА ЯРОСЛАВА ВОЛОДИМИРОВИЧА

- 1. Тема дисертації «Автоматизована система керування вентиляцією»**
науковий керівник дисертації Терлецький Олександр Володимирович,
доцент, к.т.н. затверджені наказом по університету від «___» _____
2018 р. № _____.
- 2. Строк подання студентом дисертації:** «___» _____ 2018 р.
- 2. Об'єкт дослідження:** система контролю та керування параметрами мікроклімату складських приміщень.
- 3. Предмет дослідження:** аналітичний огляд існуючих систем підтримання мікроклімату складських приміщень, принципів побудови та функціонування систем контролю мікроклімату складських приміщень, розробка алгоритмів та вибір елементної бази для реалізації автоматизованої системи контролю та керування параметрами мікроклімату складських приміщень.

Розробка структури вентиляційної системи, функціональної схеми та алгоритмів роботи автоматизованої системи керування вентиляцією складського приміщення, розробка схеми електричної принципової блока керування, конструктивна розробка елементів системи.

Розроблена система керування повинна відповідати наступним вимогам: автоматизована зміна параметрів роботи вентиляційної камери (температура проточного повітря, швидкість обміну повітря, вологість повітря), можливість керування системою параметрів віддалено, наявність запрограмованих алгоритмів зміни параметрів. Розроблена система повинна також відслідковувати поточні параметри приміщення, такі як температура (від 0 до 50° C), вологість (від 10 до 100 %), рівень насичення CO₂. Рівень напруги живлення системи - 5 В.

5. Перелік завдань, які потрібно виконати: огляд науково-технічної літератури по системам вентиляції та принципам розробки і функціонування вентиляційних камер; розробка алгоритму функціонування системи; розробка структурної та функціональної схеми системи керування вентиляційною камерою; розробка електричної принципової схеми та друкованої плати; розробка корпусу.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: функціональна та структурна схема системи керування венткамерою, електрична принципова схема, плакати з алгоритмами роботи автоматизованої системи керування мікрокліматом складських приміщень.

7. Перелік публікацій:

1. Клебан Я. В., Терлецький О. В. Автоматизована система керування вентиляцією для складських приміщень з використанням мікроконтролера // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". — 2018. — №19. С. 28-30
2. Клебан Я. В., «Оцінка ефективності використання інтерфейсу 1-wire для передачі даних з датчиків на мікроконтролер», Інформатика, управління та штучний інтелект: матеріали п'ятої міжнародної науково-технічної

конференції студентів, магістрів та аспірантів (20 – 22 листопада 2018 року).
НТУ "ХПІ", 2018р. С. 38.

8. Дата видачі завдання: _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Огляд науково-технічної літератури по автоматизованих системах вентиляції		
2.	Розробка алгоритму функціонування, функціональної схеми та вибір компонентів		
3.	Розробка структурної системи керування вентиляційною камерою; розробка електричної принципової схеми та друкованої плати		
4.	Оформлення пояснювальної записки та плакатів. Підготовка доповіді.		

Студент гр. ДЕ-71мп

Я.В. Клебан

Науковий керівник дисертації

О.В. Терлецький

РЕФЕРАТ

Автоматизована система керування вентиляцією / Магістерська дисертація зі спеціальності **171– Електроніка спеціалізації «Електронні прилади та пристрої»**. **Клебан Ярослав Володимирович**. НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». Факультет електроніки, кафедра електронних приладів та пристроїв. Група ДЕ-71мп : НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2018. –

Мета магістерської дисертації

Мета магістерської дисертації полягає у дослідженні можливості реалізації автоматизованої системи контролю параметрів мікроклімату, робота якої полягає у відслідковуванні поточного стану складського приміщення з точки зору його мікрокліматичних показників, вибір необхідного режиму роботи, а також керування мікрокліматичними показниками у режимі реального часу.

Задачі магістерської дисертації:

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі основні завдання:

1. Аналіз і класифікація існуючих рішень з автоматизованих систем вентиляції.
2. Вивчення сучасних методів та алгоритмів керування вентиляційними камерами в складських приміщеннях.
3. Визначення необхідних оптимальних умов зберігання основних сортів плодоовочевої продукції сільського господарства.
4. Розробка структурної та функціональної схем пристрою керування вентиляцією.
5. Розробка алгоритму роботи пристрою та електричної принципової схеми на основі структурної та функціональної схем пристрою.
6. Оцінка перспективності представленого пристрою за допомоги підготування стартап пропозиції.

Об'єктом дослідження є принципи забезпечення керування основними параметрами повітря (температури, вологості, рівень насичення CO₂) за допомогою автоматизованих систем керування.

Предметом дослідження є автоматизована система керування вентиляцією в складських приміщеннях.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у створенні системи в якій можливе як автоматизоване так і ручне керування параметрами повітря, а також передача даних про стан мікроклімату складського приміщення через мережу інтернет.

Практичне значення одержаних результатів

Розроблена в даній роботі система та алгоритми її роботи знайдуть застосування в складських приміщеннях для вимушеного автоматизованого керування параметрами мікроклімату в цілях оптимізації процесу зберігання плодоовочевої продукції.

Апробація результатів дисертації

V Міжнародна конференція "Інформатика, управління і штучний інтелект (ІУШІ-2018)", м. Харків, 2018 р.

Публікації

1. Клебан Я. В., Терлецький О. В. Автоматизована система керування вентиляцією для складських приміщень з використанням мікроконтролера // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". — 2018. — №19. С. 28-30

2. Клебан Я. В., «Оцінка ефективності використання інтерфейсу 1-wire для передачі даних з датчиків на мікроконтролер», Інформатика, управління та штучний інтелект: матеріали п'ятої міжнародної науково-технічної конференції студентів, магістрів та аспірантів (20 – 22 листопада 2018 року). НТУ "ХПІ", 2018р. С. 38.

Ключові слова: система керування вентиляцією, модуль моніторингу, модуль керування, контроль мікроклімату, мікроконтролер.

Короткий зміст роботи: Завданням дисертації є розробка системи контролю та керування параметрами мікроклімату складських приміщень.

В роботі здійснено аналітичний огляд існуючих систем підтримання мікроклімату складських приміщень, розглянуто принципи побудови та функціонування систем контролю мікроклімату складських приміщень, розроблено алгоритм роботи та здійснено вибір елементної бази для реалізації автоматизованої системи контролю та керування параметрами мікроклімату складських приміщень.

Також були розроблені структурна схема для модулів керування та моніторингу автоматизованої системи керування вентиляцією, схема електрична принципова модулів керування та моніторингу, а також друковані плати для обох пристроїв виходячи з їх електричних принципових схем.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1 СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ Складських ПРИМІЩЕНЬ.....	12
1.1. Вентиляція складських приміщень	12
1.1.1. Категорії організації складських приміщень	12
1.1.2. Класифікація систем вентиляції складських приміщень.....	13
1.1.3. Припливно-витяжна система вентиляції.....	15
1.2. Існуючі системи регулювання мікроклімату в складських приміщеннях.	16
1.3. Умови зберігання плодоовочевої продукції.....	19
1.4. Основні задачі, які виконуються системою контролю вентиляції та шляхи їх реалізації.....	21
1.4.1. Призначення автоматизованої системи контролю параметрів мікроклімату .	21
1.4.2. Основні задачі, які виконуються системою контролю вентиляції та шляхи їх реалізації.....	22
1.5. Під'єднання автоматизованої системи вентиляції до мережі інтернет	28
Висновки	29
2 АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ СКЛАДСЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ	30
2.1. Вимоги, що пред'являються до пристрою та основні параметри	30
2.2. Алгоритм функціонування автоматизованої системи контролю вентиляції.....	31
2.3. Розробка структурної схеми системи контролю вентиляції	35
2.4. Обчислювальний блок пристрою.....	38
Висновки	43
3 Конструкція втоматизованої системи керування вентиляцією.....	44
3.1 Розробка електричної принципової схеми пристрою контролю системи вентиляції	44
3.1.1. Розробка модулю управління	44
3.1.2 Розробка електричної принципової схеми модулю моніторингу	54
3.2 Розробка друкованої плати пристрою контролю системи вентиляції	57
3.2.1 Розробка друкованої плати основного блоку	57
3.2.2. Розробка друкованої плати давачів.	62
Висновки	64
4 ПІДГОТОВКА СТАРТАП ПРОПОЗИЦІЇ.....	65
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	74

ВСТУП

Автоматизація підтримання необхідного мікроклімату в складських приміщеннях є перспективним напрямком інженерних та наукових розробок, особливо в нашій державі, хоча б тому, що Україна займає лідерські позиції в Європі та світі з виробництва багатьох зернових та плодоовочевих культур. З недавнього часу Україна також взяла курс на перехід від експорту продуктів сільського господарства до переробки сировини на вітчизняних заводах. Господарський комплекс України має зазнати глибоких змін, пов'язаних з переорієнтацією технологій на галузі, які необхідні для повного задоволення потреб населення, розширення експорту та раціонального використання сировинної бази. Тому пріоритетним у структурі сільськогосподарської промисловості має бути виробництво продуктів харчування, первинна їх обробка і навіть доведення продукції до кінцевого споживача[1].

Достовірний контроль параметрів мікроклімату і управління технологічним обладнанням при сучасних масштабах виробництва і зберігання плодоовочевої продукції без відповідних апаратно-програмних засобів автоматизації практично не представляється можливим. Створення оптимального температурно-вологісного режиму є одним з основних способів підвищення ефективності зберігання. Раціональне управління мікрокліматом дозволяє подовжити терміни зберігання продукції, підвищити її якість, знизити витрати на енергоресурси, зменшити витрати на обслуговування і експлуатацію обладнання[2].

Створення автоматизованих комплексів керування мікрокліматом в складських приміщеннях дозволить зробити економічно вигіднішим, менш трудомістким та масштабованим зберігання української сировини та товарів до подальшого їх експорту, або доставки кінцевому споживачу на вітчизняному ринку.

Актуальність вирішення задачі розробки систем контролю мікроклімату спеціальних складських приміщень полягає в обмеженості

кількості науково-обґрунтованих розробок з систем моніторингу та контролю параметрів мікроклімату, і відсутності рекомендацій та єдиних стандартів стосовно застосування таких систем.

1 СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

Створення системи керування мікрокліматом включає в себе комплексне вирішення завдання підтримання в необхідних межах таких параметрів повітря, як температура, вологість, хімічний склад та швидкість руху повітряних мас. Головні завдання систем керування мікрокліматом:

- підтримання, а за необхідності, і створення комфортних умов мікроклімату для людей, тварин, рослин та інших об'єктів;
- економія енергоресурсів, які витрачаються на створення та підтримання мікроклімату.

В залежності від того, які перетворення відбуваються з повітрям завдання по його обробці можна поділити на:

- повітрозабір;
- рекуперація тепла;
- попередній нагрів повітря;
- охолодження;
- нагрівання повітря;
- фільтрація повітря;
- подача повітря в приміщення;
- витягування відпрацьованого повітря;
- циркуляція повітря (для забезпечення рівномірності мікрокліматичних показників повітря).

1.1. Вентиляція складських приміщень

1.1.1. Категорії організації складських приміщень

Основним завданням систем вентиляції складу є забезпечення необхідних для даного типу приміщень кліматичних умов (температурних показників, інтенсивності вентиляції та вологості повітря), які повністю відповідають технологічним вимогам до умов зберігання товарів на складі.

Температура повітря і його вологість повинні бути максимально рівномірними по всій території складу, без особливо сильних перепадів. Вентиляція складських приміщень ускладнюється тим, що вони заповнені різноманітним складським обладнанням для безпосередньо зберігання (полиці, стелажі) і переміщення (навантажувачі, крани) товарів(продукції) всередині приміщення складу. Виходячи з вимог до зберігання продукції розрізняють кілька окремих категорій організації складських приміщень:

- захист від атмосферних опадів (зберігання товарів в не утеплених складських приміщеннях або просто під навісом.
- зберігання продукції на охолоджуваних або опалювальних складах, з системою захисту знаходиться на складі продукції від низьких або високих температур і від різкого перепаду температур.

1.1.2. Класифікація систем вентиляції складських приміщень

Системи вентиляції в складських приміщеннях класифікуються за такими загальними ознаками:

Призначення: припливна вентиляція, витяжна вентиляція або припливно-витяжна вентиляція.

Основним призначенням припливної вентиляції є подача в складські приміщення чистого повітря ззовні. При необхідності припливне повітря може піддатися спеціальній обробці: очищенню, підігріву, зволоженню або осушенню. У свою чергу витяжна вентиляція повинна виконувати функцію видалення зі складського приміщення забрудненого і застоного повітря. Але як правило, вентиляція складу передбачає установку припливно-витяжної вентиляції, яка виконує обидві ці функції.

Сфера дії: загальнообмінна або місцева система вентиляції.

Місцева система вентиляції призначена для обслуговування досить обмеженої ділянки приміщення складу. В основному її використовують для локального видалення забрудненого повітря з тих місць, де часто утворюються шкідливі для людини виділення і з її допомогою сюди ж

подається вже чисте повітря. Для вентиляції всього приміщення складу в основному використовуються загальнообмінні системи (витяжні, припливні або припливно-витяжні). Вони досить ефективні для створення певного температурного і вологісного режиму в усьому складському приміщенні, а також з метою розведення концентрацій шкідливих газів і парів, які з якихось причин не були видалені за допомогою місцевої вентиляції.

Спосіб переміщення повітряних мас в приміщенні: природна або механічна вентиляція.

При використанні природної вентиляції безпосередньо переміщення повітряних мас відбувається через різницю атмосферного тиску зовні і всередині складського приміщення. Причиною цього може бути вітер або різниця температури повітря всередині будівлі і поза ним. Механічна вентиляція в свою чергу здійснюється за рахунок використання спеціального обладнання, яке власне і дозволяє видаляти і подавати необхідні обсяги повітря і при необхідності піддавати його нагріванню, очищенню і зволоженню. Переваги всіх механічних систем вентиляції полягають в тому, що вони функціонують незалежно від будь-яких зовнішніх факторів. Вентиляція складських приміщень найчастіше організовується з одночасним застосуванням природного і механічного способу вентиляції.

Конструктивні особливості системи вентиляції: безканальна або канальна вентиляція.

Канальна система вентиляції - це така система вентиляції, в якій переміщення повітря відбувається по мережі повітропроводів. У разі застосування безканальних систем вентиляції повітроводи не потрібні. У таких системах вентилятори встановлені безпосередньо в стіні або перекриттях.

Знаючи заздалегідь вид матеріалів і товарів, які в подальшому будуть зберігатися на заданому складі, можливо правильно вибрати найоптимальніший варіант вентиляції для даного складського приміщення. В овочесховищах і інших складах сільськогосподарської продукції найчастіше

використовується природна вентиляція спільно з припливною вентиляцією з механічним спонуканням[3].

1.1.3. Припливно-витяжна система вентиляції

Необхідний стан повітряного середовища в приміщенні методами припливно-витяжної вентиляції підтримують шляхом накачування в приміщення обробленого повітря з необхідними температурними та вологісними показниками, а також видалення з приміщення повітря, яке не відповідає заданим вимогам. Схема припливно-витяжної вентиляції наведена на рис.1.

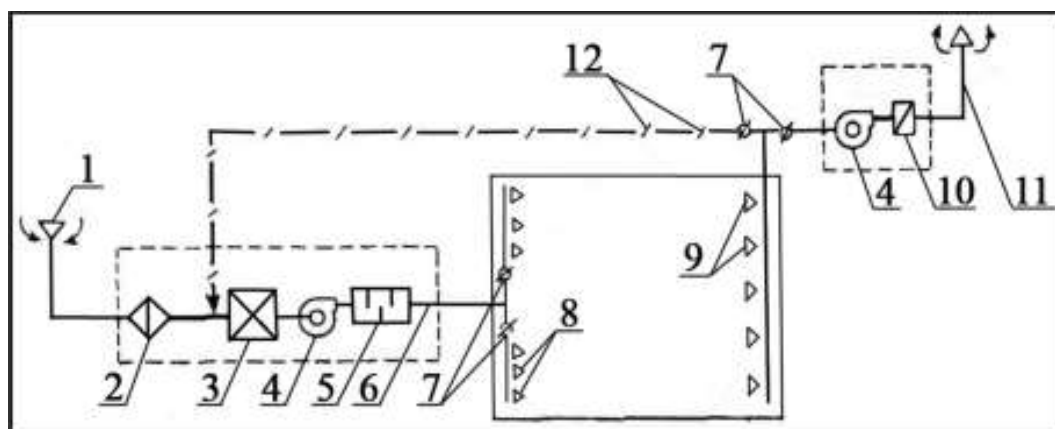


Рис. 1.1. Схема припливно-витяжної вентиляції: 1 – повітрозабір; 2 – фільтри; 3 – обладнання для оброблення повітря (калорифери, кондиціонери, охолоджувачі повітря тощо); 4 – вентилятори; 5 – поглиначі шуму; 6 – повітроводи; 7 – регулювальні клапани; 8 – отвори для подачі повітря в приміщення; 9 – витяжні отвори; 10 – очищення витяжного повітря; 11 – пристрій для викидання повітря; 12 – лінія рециркуляції повітря[4].

Системи припливно-витяжної вентиляції повинні містити обладнання та прилади для забору повітря з навколишнього середовища, його обробки, транспортування та подачі в приміщення, а також видалення відпрацьованого повітря.

В деяких конкретних випадках вентиляційні системи можуть не мати всього комплексу обладнання показаного на рис.1. Наприклад, очищення повітря, яке виводять на зовні здійснюють лише у випадках його надмірного забруднення тощо.

1.2. Існуючі системи регулювання мікроклімату в складських приміщеннях.

В патенті РФ 2467557 автори приводять систему, яка може бути використана для регулювання мікроклімату теплиці.

Суть винаходу пояснюється рис.1.2, де показана схема запропонованої системи для управління мікрокліматом в теплиці.

Система для управління мікрокліматом в теплиці 1 містить блок 2 моніторингу на базі персонального комп'ютера диспетчера, з'єднаний з блоком 3 контролера, блок 4 управління, підсистему вимірювальних датчиків і виконавчі пристрої (ВП). Блок 3 контролера включає в себе безпосередньо керуючий контролер, інтерфейсну частину і органи індикації і управління. В інтерфейсній частині знаходяться схеми вимірювання для аналогових і дискретних датчиків. Управління роботою блоку 3 контролера може здійснюватися як через блок 1 моніторингу за допомогою персонального комп'ютера, так і з власного пульта управління. Вхід блоку 4 управління з'єднаний з виходом блоку 3 контролера. Блок 4 управління являє собою блок релейного комутації, в якому розташовані релейні ключі для ручного та автоматичного управління ВП.

Підсистема вимірювальних датчиків включає датчики параметрів повітря і ґрунту в теплиці, датчики параметрів навколишнього середовища і датчики параметрів теплоносія:

- датчик 5 температури повітря в теплиці,
- датчик 6 відносної вологості повітря в теплиці,
- датчик 7 температури внутрішньої поверхні скління теплиці,
- датчик температури листа рослини (не показаний, може бути відсутнім),
- датчик 8 температури ґрунту,
- датчики 9 температури теплоносія в контурах обігріву,
- датчик 10 температури зовнішнього повітря,

зберігання плодоовочевої продукції, тому в ньому передбачений додатковий функціонал, використання якого є недоцільним для автоматизації підтримання мікроклімату в складському приміщенні.

У патенті UA 112127 запропоновано рішення для автоматичного регулювання параметрів мікроклімату в приміщенні.

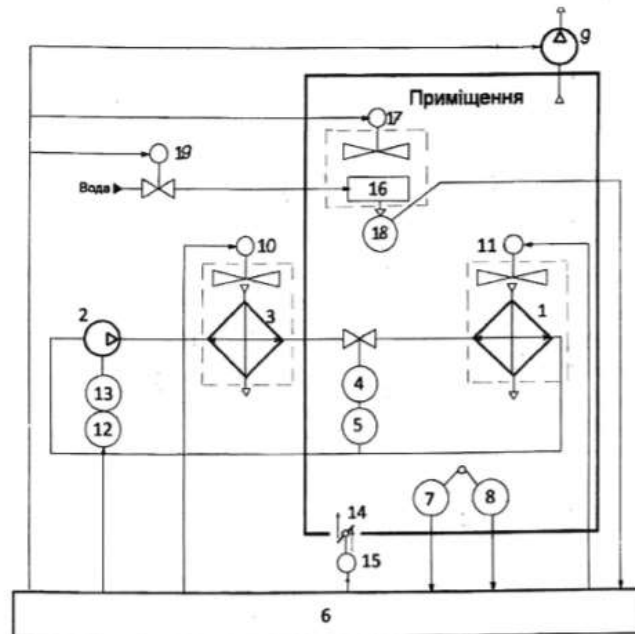


Рис.1.3. Структурна схеми системи автоматичного регулювання параметрів мікроклімату в приміщенні[6]

Запропонована система містить наступні складові:

- 1) випаровувач холодильної машини;
- 2) холодильний компресор;
- 3) конденсатор (встановлюється назовні будови);
- 4) теморегулюючий вентиль;
- 5) термобалон;
- 6) мікропроцесорний контролер;
- 7) датчик температури;
- 8) датчик вологості повітря;
- 9) витяжний вентилятор;
- 10) вентилятор конденсатора;
- 11) випаровувачі;

- 12) частотний перетворювач;
- 13) електродвигун холодильного компресора;
- 15) кватирка припливного повітря;
- 16) виконавчий механізм кватирки.
- 17) зволожувачі повітря;
- 18) датчик температури повітря на виході зволожувача;
- 19) клапан подачі води.

В даній системі керування параметрами мікроклімату здійснюється мікроконтролером, а моніторинг – давачами температури та вологості повітря.

Недоліком даної системи є неможливість передавання даних про стан мікрокліматичних показників в приміщенні через мережу інтернет, що дозволило б слідкувати за роботою системи і за необхідності вносити в її роботу корективи.

1.3. Умови зберігання плодоовочевої продукції

Для кожної окремої культури притаманні свої визначені умови зберігання в складському приміщенні. З наведеної нижче таблиці можна визначити діапазон температури та вологості повітря, які повинна забезпечувати розроблювана система вентиляції.

Для тривалого збереження овочів та фруктів потрібне забезпечення умов наведених в табл.1.1.

Табл.1.1.

Умови збереження свіжих плодоовочів[7]

Найменування	Температура, ° С	Відносна вологість повітря, %
Картопля	+2...+3	85...95
Морква, петрушка, ріпа, хрін, буряк, редька, бруква	-1...+1	90...95

Капуста	-1...+1	90...95
Цибуля, часник	0...+1	>85
Помідори, перець	+1...+2	85...90
Огірки, кабачки, гарбузи	+6...+7	85...90
Патисони, баклажани	+7...+8	85...90
Салат, шпинат, цибуля зелена, інша зелень	0	90...95
Дині	0...+1	80...85
Кавуни	+3...+4	80...85
Яблука, груші	-1...0	85...95
Виноград	-1...0	90...95
Мандарини, апельсини	+1...+2	85...90
Лимони	+2...+3	85...90
Ананаси	+8...+9	85...90
Банани	+12...+14	85...90

З табл.1.1. визначено, в яких діапазонах температури та відносної вологості повітря автоматизована система керування вентиляцією повинна забезпечувати зміну показників мікроклімату.

Найменша температура зберігання спостерігається яблук, груш, капусти, моркви, петрушки, ріпи, хрону, буряку, редьки, брукви і складає - 1°C. Найвища температура, яка повинна забезпечуватись системою складає +14°C.

Щодо вологості повітря, то система повинна забезпечувати можливість зміни відносної вологості повітря від 80 до 100%.

Згідно з наведених вимог до вимірювання та керування температуро-вологісними показниками потрібно розглянути елементну базу, здатну проводити вимірювання в заданих діапазонах.

1.4. Основні задачі, які виконуються системою контролю вентиляції та шляхи їх реалізації

1.4.1. Призначення автоматизованої системи контролю параметрів мікроклімату

Основне призначення автоматизованої системи контролю параметрів мікроклімату полягає у відслідковуванні поточного стану приміщення з точки зору його мікрокліматичних показників, вибір режиму роботи виходячи із технологічних умов використання приміщення, а також керування мікрокліматичними показниками приміщення у режимі реального часу.

Враховуючи температуро-вологісні характеристики приміщення, а також рівень насичення CO₂ необхідно контролювати мікроклімат за допомогою системи контролю, яка дозволяє в реальному часі отримувати точну інформацію про стан приміщення. Така система контролю повинна відслідковувати наступні параметри (із використанням наведених вимірювальних засобів):

- температуру повітря – за допомогою цифрового температурного давача;
- відносну вологість повітря – за допомогою цифрового давача вологості;
- рівень насиченості CO₂ – за допомогою цифрового газового детектору;

Виходячи із актуальної інформації про дані показники мікроклімату в приміщенні, автоматизована система контролю повинна керувати цими показниками.

Керування буде здійснюватись через систему керування вентиляцією. А так як керування вентиляцією відбувається через вентиляційну камеру, автоматизована система контролю повинна змінювати параметри роботи окремих органів вентиляційної камери задля керування загальними мікрокліматичними умовами в приміщенні.

Отже, основним призначенням автоматизованої системи контролю параметрів мікроклімату є відслідковування у режимі реального часу мікрокліматичних показників приміщення та керування ними відповідно до заданих умов.

1.4.2. Основні задачі, які виконуються системою контролю вентиляції та шляхи їх реалізації

Виходячи із основного призначення автоматизованої системи контролю параметрів мікроклімату, яке було описано раніше, сформулюємо основні задачі, які повинна вирішувати така система.

Отже, до основних задач автоматизованої системи контролю вентиляції віднесемо наступні:

- моніторинг температури в приміщенні в режимі реального часу;
- зміна температури в приміщенні за заданим алгоритмом;
- моніторинг рівня вологості в режимі реального часу;
- зміна рівня вологості;
- можливість керувати параметрами мікроклімату віддалено;
- можливість керувати параметрами мікроклімату вручну;
- наявність запрограмованих режимів зміни мікроклімату в залежності від вимог до умов зберігання.

Розглянемо окремо кожен із цих задач та можливі шляхи їх реалізації.

Моніторинг температури в приміщенні в режимі реального часу. Вирішення даної задачі здійснюватиметься використанням термочутливих датчиків, температурну інформацію з яких можна отримувати у вигляді, зручному для обробки та передачі у цифровому вигляді.

Розрізняють різні типи датчиків в залежності від типу термочутливого елемента:

- термопари;
- терморезистори;
- лінійні аналогові перетворювачі;

- цифрові давачі температури;
- інфрачервоні давачі температури.

Кожен із наведених вище видів давачів має свої переваги та недоліки. Тому при проектуванні системи автоматизованого контролю параметрів мікроклімату, необхідно обрати термометр керуючись такими критеріями як компактність, можливість вимірювати температуру в діапазоні від -10 до 50 $^{\circ}\text{C}$ (даний діапазон обумовлений технічними характеристиками вентиляційних камер), розрядом точності $0,5$ $^{\circ}\text{C}$, зручність у отриманні інформації та передачі її у цифровому вигляді.

Зміна температури в приміщенні за заданим алгоритмом. Для вирішення цієї задачі в автоматизованій системі контролю параметрів мікроклімату необхідно передбачити можливість керування нагрівальним елементом, який конструктивно входить до складу вентиляційної камери.

Найбільш розповсюджений нагрівальний елемент, який використовується для нагріву приточного повітря в вентиляційній камері – ТЕН (трубчастий електронагрівник). Конструктивно ТЕН зображений на рис. 1.4.

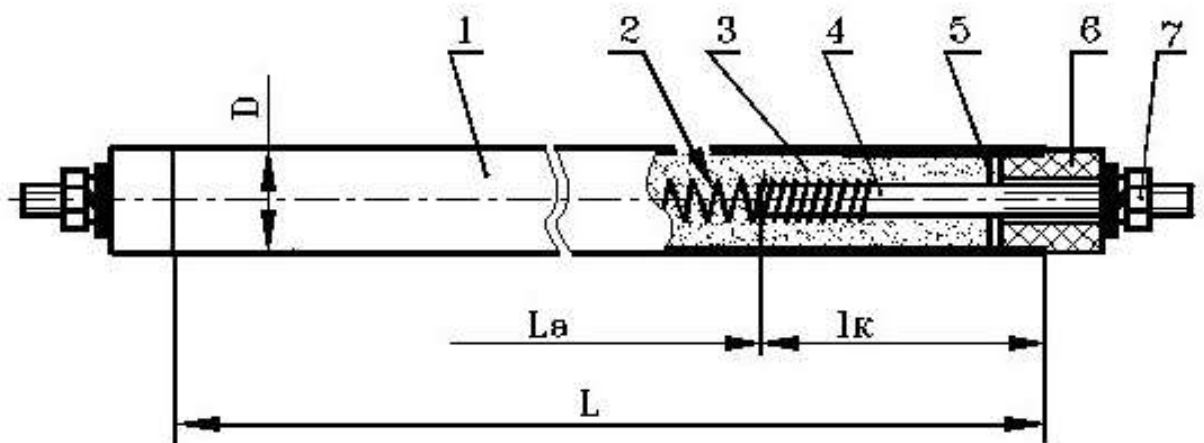


Рис.1.4. Конструкція трубчастого електронагрівника (1 – оболонка, 2 – спіраль, 3 – наповнювач, 4 – контактний стрижень, 5 – матеріал для герметизації, 6 – ізолятор, 7 – контактні гайки та шайби, L – розгорнута

довжина трубки, l_a – активна довжина, ($l_a = L - 2l_k$), l_k – номінальна довжина контактних стрижнів.

Керування ТЕН здійснюється мікроконтролером, який виробляє керуючі імпульси.

Моніторинг рівня вологості в режимі реального часу. Для моніторингу рівня вологості повітря використовують:

- давачі з ємнісним входом;
- давачі з виходом по напрузі;
- давачі з цифровим виходом.

Обираючи тип давачу для визначення рівня вологості, будемо керуватися тими ж самими принципами, що і при виборі термометру.

Для розроблюваної системи необхідно використати або давач, побудований на ємнісному принципі (в залежності від кількості водяної пари, що знаходиться між пластинами, змінюється діелектрична проникність (конструктивно зображений на рис. 1.5.), а й, отже, ємність, що впливає на реактивний опір конденсатора), або давач, побудований на зміні опору полімерної мембрани (опір змінюється в залежності від кількості поглинутої води).



Рис. 1.5. Ємнісний давач: а – гігроскопічна полімерна плівка з металевими електродами; б – конструкція ємнісного давача.

Для розробки системи контролю вентиляції оптимальним рішенням буде використовувати давачі рівня вологості та температури, які мають усі

необхідні електричні компоненти для стабільної і точної роботи, а також наявний цифровий або аналоговий вихід, який дозволяє зручно та швидко отримувати необхідну інформацію. Прикладом такого датчика є GY-21 на базі чіпу HTU 21, який поєднує в собі датчик температури та вологості (зображений на рис. 1.6).



Рис. 1.6. Датчик GY-21 на базі чіпу HTU 21.

Зміна рівня вологості. Для зміни рівня вологості приточного повітря в вентиляційних камерах використовуються зволожувачі повітря. Бувають 4 основні типи зволожувачів повітря: сотові, парові, ультразвукові, із водяним розпиленням.

Для розробки системи контролю параметрів мікроклімату приймається, що дана система буде працювати із ультразвуковими зволожувачами повітря, так як вони:

- можуть бути вмонтовані у вентиляційну камеру або у вентиляційний канал;
- реалізують керований процес адіабатного зволоження, який забезпечує економію води та електроенергії;
- виключають появу мікроорганізмів в резервуарі;
- володіють високою точністю підтримки заданого рівня вологості.

Принцип роботи таких зволожувачів базується на надзвуковому «затуманюванні». В блоці автоматики за допомогою трансформатору створюється змінний струм із низькою напругою і високою частотою. Цей сигнал подається на встановлений в резервуарі вібратор, який перетворює його у високочастотні коливання. Даний процес зображений на рис. 1.7.

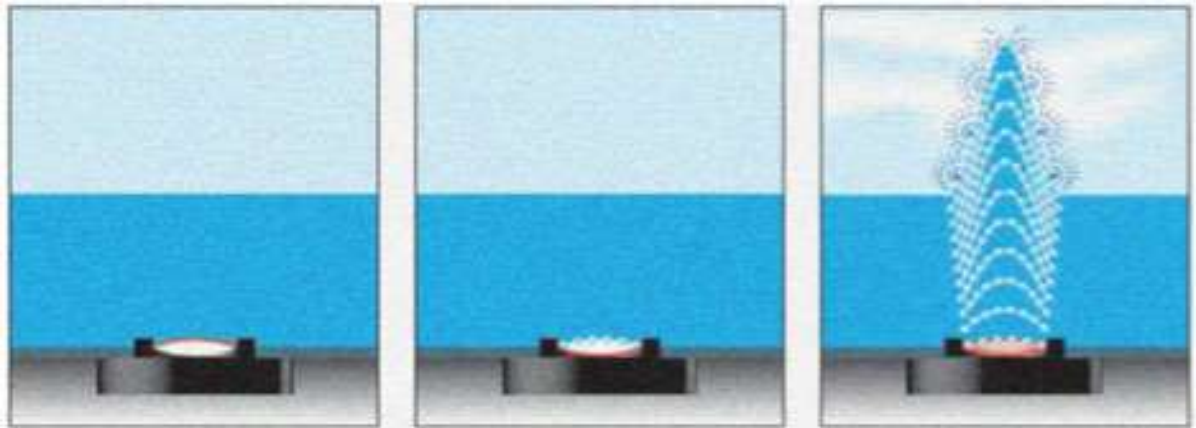


Рис. 1.7. Процес ультразвукових коливань в резервуарі.

Так як при такому процесі утворюється аерозоль, приточне повітря зволожується. Точність такого зволоження $\pm 1\%$.

Така конструкція зволожувача зручна для керування, тому саме під неї буде підлаштована система контролю мікроклімату.

Моніторинг рівня CO_2 в повітрі та можливість впливу на нього. Вирішення даної задачі обумовлено необхідністю контролювати інтенсивність надходження повітрі в приміщення.

Для контролю рівня CO_2 в повітрі необхідно, при проектуванні системи збору параметрів мікроклімату, використати спеціальний давач газу.

Найчастіше такі давачі мають аналоговий вихід, зміна сигналу на якому відбувається пропорційно зміні кількості певного газу в повітрі. Приклад такого давачу зображений на рис. 1.8.



Рис. 1.8. Давач газу MQ-5.

Можливість впливати на параметри мікроклімату віддалено. Актуальною проблемою сучасних системи контролю та керування параметрів мікроклімату являється лише ручний спосіб керування, який обумовлює необхідність фізичної присутності оператора біля органів управління задля відслідковування та зміни певних параметрів або переключення режимів роботи.

Тому вирішення завдання можливості віддаленого керування системою є актуальним.

Можливим варіантом вирішення такої задачі є проектування системи, яка може бути під'єднана до мережі Інтернет за допомогою протоколу Wi-Fi.

В такому випадку усі параметри керування оператор зможе встановлювати віддалено. Окрім цього, з'явиться можливість зручно та швидко не тільки відслідковувати параметри мікроклімату багатьох приміщень одночасно, а й змінювати їх, або задавати певні однакові режими роботи.

Окрім цього, також необхідно передбачити можливість ручного управління системою.

Наявність запрограмованих режимів зміни мікроклімату в залежності від вимог до умов зберігання. Вирішення даної задачі дозволить автоматизувати систему контролю параметрів мікроклімату, що дасть можливість експлуатувати останню максимально зручно та ефективно.

У випадку, якщо така система буде під'єднана до мережі Інтернет, для програмування режимів роботи системи не буде необхідно володіти спеціальними мовами програмування, або змінювати прошивку модулю управління. Оператор, використовуючи зручний інтерфейс веб-сайту або мобільного додатку зможе швидко створювати нові режими або редагувати вже існуючі.

1.5. Під'єднання автоматизованої системи вентиляції до мережі інтернет

Так як розроблювана система поділена на два пристрої, а саме керуючий модуль та модуль моніторингу, необхідно розглянути можливі варіанти зв'язку між цими модулями, на яких будуть побудовані пристрої.

Розглянемо можливі варіанти зв'язку між пристроями. Дротові з'єднання елементів системи в даному випадку являються незручними, адже система повинна зручно пристосовуватися до будь-яких типів приміщення, що буде ускладнено у випадку використання дротових інтерфейсів передачі даних, які, окрім іншого, можуть працювати із значними похибками у випадку протягування інформаційної лінії біля лінії живлення.

В такому випадку необхідно розглянути бездротові інтерфейси передачі інформації. Порівняння найбільш розповсюджених бездротових інтерфейсів наведено в таблиці 1.2.

Табл 1.2

Порівняння найбільш розповсюджених бездротових інтерфейсів передачі інформації

Технологія (стандарт)	Wi-Fi (IEEE 802.11n)	Bluetooth (IEEE 802.15.3)	ZigBee (IEEE 802.15.4)
1	2	3	4
Частотний діапазон, ГГц	2,4-2,483 5,15-5,25 5,67-5,85	2,4 – 2,483	2,4 – 2,483

1	2	3	4
Пропускна здатність	300 Мбіт/с	3 Мбіт/с	250Кбіт/с
Розмір стеку протоколу, Кбайт	Більше 1000	Більше 250	32 – 64
Час роботи від батареї, год.	12 – 120	24 – 240	2400 – 24000
Максим. кількість елементів мережі	100	7	65536
Дальність дії, м	20 - 50	10 – 100	10 – 100

Порівнюючи бездротові протоколи передачі інформації, такі як Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, бачимо, що останній являється найбільш вигідним з огляду на поставлені задачі. Проте, через його не досить велику розповсюдженість, а також необхідність використання додаткового обладнання для підключення до керуючого пристрою, використання даного протоколу буде неефективним.

Порівнюючи технологію Wi-Fi та Bluetooth, бачимо, що остання має суттєве обмеження по максимальній кількості елементів мережі, тому найбільш прийнятною технологією для створення мережі зв'язку між керуючим пристроєм та модулями моніторингу являється Wi-Fi.

Висновки

1. Проведено аналіз існуючих систем керування вентиляцією, що дало можливість виділити основні функціональні блоки такої системи: блок моніторингу параметрів повітря, блок керування параметрами повітря та блок виконуючих пристроїв.
2. Приведено огляд давачів, що будуть використовуватись для відслідковування параметрів повітря в складському приміщенні: давач температури та вологості GY-21 та давач рівня вуглецю MQ-5.

3. Проведено аналітичний огляд бездротових інтерфейсів для передачі даних через мережу інтернет. На основі даного огляду, для забезпечення бездротової передачі даних було обрано Wi-Fi.
4. На основі аналізу пристроїв, які забезпечуватимуть зміну параметрів мікроклімату було обрано ТЕН та ультразвуковий зволожувач повітря.

2 АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ СКЛАДСЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ

2.1. Вимоги, що пред'являються до пристрою та основні параметри

Розроблювана система контролю параметрів мікроклімату повинна відповідати таким вимогам:

- наявність основного керуючого модулю та розгалуженої системи модулів моніторингу, які збирають всю необхідну інформацію про актуальний стан мікроклімату приміщення та передають його до керуючого модулю;
- модулі моніторингу повинні передавати інформацію бездротовими каналами задля можливості їх зручного розміщення в приміщенні;
- електрична конструкція модулів моніторингу повинна бути енергоефективною, а самі модулі повинні живитися від акумуляторів;
- конструкція керуючого модулю повинна бути такою, яка б дозволила монтувати його як у вентиляційну камеру, так і в безпосередній близькості до нього;

- керуючий модуль повинен передавати всю інформації щодо поточного стану мікроклімату приміщення бездротовим каналом зв'язку;
- керуючий модуль повинен приймати всю необхідну інформацію щодо зміни поточного стану окремих функціональних вузлів вентиляційної камери бездротовим каналом зв'язку.

Виходячи із наведених вимог та враховуючи загальну концепцію розроблюваної системи, наведено перелік параметрів, які необхідно розрахувати та сформулювати виходячи із обраної елементної бази під час подальшої інженерно-конструкторської розробки.

Основні параметри модулю моніторингу:

- діапазон вимірювальних температур;
- діапазон вимірюваної відносної вологості;
- діапазон вимірювання рівня вуглецевого газу в повітрі;
- максимальний радіус бездротової передачі інформації;

Основні параметри модулю системи керування:

- тип захисту;
- габаритні розміри;
- максимальна потужність функціональних блоків вентиляційної камери, якими може керувати система;
- максимальний радіус бездротової передачі інформації;
- максимальна споживана потужність;
- напруга живлення;

Наведені вище параметри будуть розраховані в подальшому.

2.2. Алгоритм функціонування автоматизованої системи контролю вентиляції

Для реалізації системи керування параметрів мікроклімату необхідно розуміти, які саме дії та у яких випадках буде виконувати система. Розроблювана система поділена на дві основні складові частини – модуль

управління та модуль моніторингу, для яких необхідно розробити алгоритми функціонування виходячи із описаних вище вимог та параметрів пристроїв.

Опишемо алгоритм функціонування модулю управління поетапно:

- 1) ініціалізація усіх необхідних змінних;
- 2) перевірка підключення функціональних вузлів вентиляційної камери;
- 3) перевірка наявності увімкнених модулів моніторингу;
- 4) підключення до модулів моніторингу у випадку їх наявності;
- 5) запит на отримання інформації від підключених модулів моніторингу;
- 6) отримання інформації від модулів моніторингу;
- 7) перевірка наявних запрограмованих режимів роботи;
- 8) у випадку наявності таких режимів, перевірка відповідності поточних параметрів мікроклімату та налаштування режиму роботи вентиляційної камери таким чином, щоби виконати умову перевірки;
- 9) під'єднання до мережі Інтернет та зв'язок із сервером;
- 10) у випадку вдалого під'єднання, запит до серверу на оновлення існуючих запрограмованих режимів роботи;
- 11) коригування впливу на функціональні блоки вентиляційної камери у відповідності із встановленим режимом роботи.

Алгоритм функціонування датчиків.

Аналогічно до алгоритму роботи керуючого модулю, опишемо алгоритм роботи модулю моніторингу, який складається з наступних етапів:

- 1) ініціалізація програми роботи та усіх необхідних змінних;
- 2) перевірка стану датчиків та отримання поточної інформації з них щодо актуального стану мікроклімату;
- 3) під'єднання до керуючого модулю бездротовим каналом;
- 4) передача актуальної інформації щодо поточного стану мікроклімату на керуючий модуль.

Згідно до відповідних режимів роботи система керування вентиляцією буде здійснювати керування функціональними блоками венткамери:

- нагрівачем повітря;
- охолоджувачем повітря;
- зволожувачем повітря;
- системою циркуляції повітря.



Рис. 2.1. Блок-схема алгоритму роботи автоматизованої системи керування вентиляцією

2.3. Розробка структурної схеми системи контролю вентиляції

Так як раніше було визначено, що розроблювана система контролю вентиляції буде складатися із двох модулів – керуючого модулю та модулю моніторингу, що реалізуються датчиками температури, вологості та рівня CO₂.

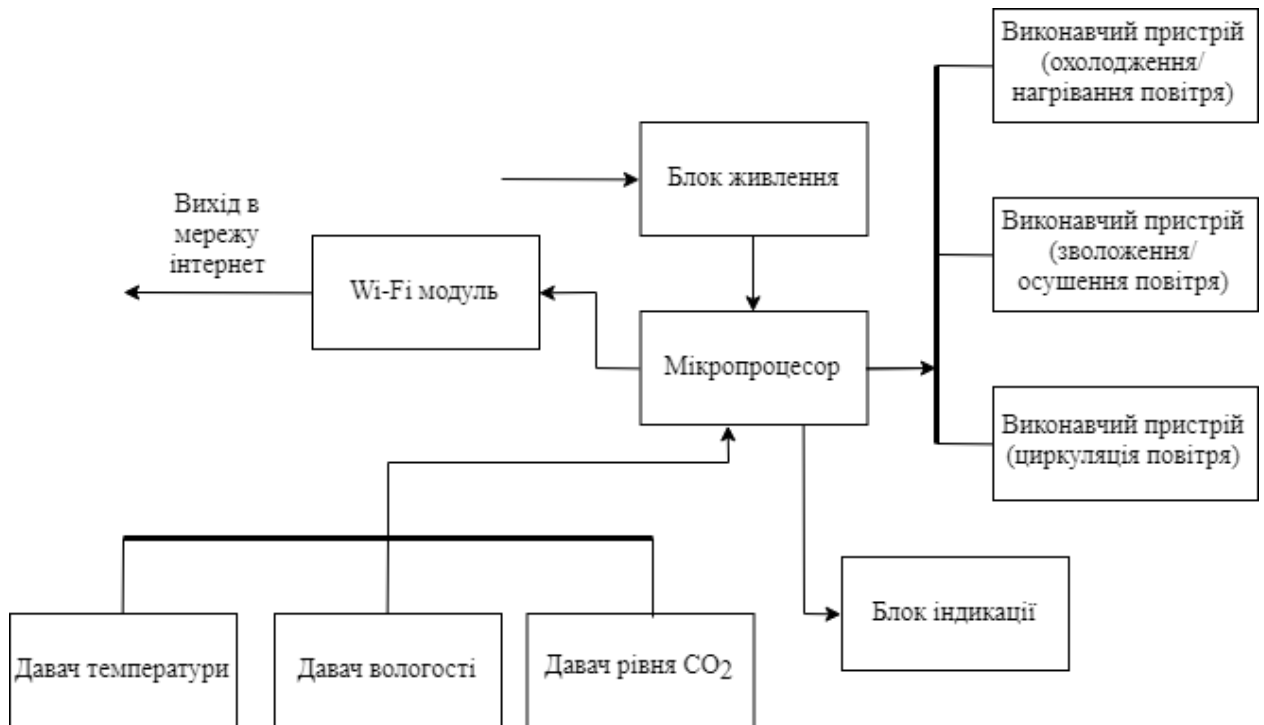


Рис. 2.2. Структурна схема автоматизованої системи керування вентиляцією.

Модуль керування, відповідно до рис. 2.2, складається з 8 блоків, які мають наступне призначення.

Мікропроцесорний блок – головний обчислювальний блок пристрою, який обробляє всю вхідну інформацію, здійснює вплив на інші структурні блоки пристрою, формує та відправляє на сервер пакети інформації.

Wi-Fi модуль – даний блок відповідає за зв'язок пристрою із зовнішніми системами. Саме за в цьому блоці повинно бути реалізовано можливість під'єднуватися до модулів моніторингу, обмінюючись з ними інформацією, та до серверу, приймаючи від нього команди керування та відсилаючи йому необхідну інформацію щодо поточного стану системи.

Блок живлення – конвертує мережеву напругу живлення до рівня, необхідного для роботи усіх структурних блоків пристрою та виконує роль гальванічної розв'язки.

Блок індикації – проводить індикацію функціонального стану інших блоків пристрою.

Блок моніторингу температури (давач температури) – відслідковує поточну температуру та містить усю необхідну елементну базу для коректної роботи температурного давача.

Блок моніторингу вологості (давач вологості)– відслідковує поточний рівень вологості та передає інформацію про нього на мікропроцесорний блок.

Блок моніторингу рівня вуглецю (давач рівня CO₂)– відслідковує поточний рівень вуглецю в повітрі.

Блок виконавчих пристроїв – набір елементів вентиляційної камери, які отримують керуючі сигнали від мікропроцесора та забезпечують необхідні зміни в параметрах мікроклімату.

В даній схемі оператор, використовуючи веб-інтерфейс (сайт або додаток), через комп'ютер може віддалено проводити моніторинг параметрів мікроклімату приміщення, в якому встановлено розроблюваний пристрій за наступним алгоритмом:

- оператор обирає функціональний вузол вентиляційної камери на який необхідно вплинути;
- формується пакет даних, який відправляється на сервер;
- сервер пересилає даний пакет на Wi-Fi роутер;
- Wi-Fi роутер передає пакет даних до пристрою керування системою вентиляції бездротовим каналом зв'язку;
- пристрій керування системою вентиляції формує запит до пристроїв моніторингу і отримує інформацію щодо поточного стану мікроклімату в приміщенні;
- пристрій керування, опираючись на актуальні дані щодо поточного стану мікроклімату приміщення розраховує необхідну зміну впливу на функціональні вузли вентиляційної камери;

- формується новий керуючий сигнал, який подається до системи комутації;
- в результаті зміни характеру комутації (зміни діючого значення напруги на окремих функціональних вузлах вентиляційної камери), відбувається зміна режиму роботи вентиляційної камери;
- за допомогою системи моніторингу параметрів мікроклімату керуючий пристрій відслідковує зміну у мікрокліматі приміщення і у випадку досягнення показників заданого рівня, знову змінює характер впливу на вентиляційну камеру.

Для взаємодії модулю керування із потужним навантаженням вентиляційної камери (нагрівачем повітря, вентилятором тощо), необхідно передбачити відповідний вузол взаємодії.

Для регулювання потужності функціональних елементів вентиляційної камери розроблюються та використовуються різноманітні регулятори, найчастіше – індукційні одно чи трифазні із регулюванням діючої напруги на навантаженні шляхом відсікання частини амплітуди напруги мережі в одному періоді.

Сучасні регулятори (наприклад, симісторні твердотільні реле), що працюють на такому принципі, в своєму складі мають або вузли примусової комутації, які задають сигнали певних параметрів, або мають конструктивно розроблений вхід для таких сигналів, що подаються ззовні, іншим пристроєм. Саме останній варіант і буде взято за основу в даній роботі. Конструктивно такий ланцюг буде виглядати наступним чином: генератор сигналів із заданими характеристиками – блок підсилювання сигналів – вихід (рис. 2.11).



Рис. 2.3. Ланцюг формування керуючого сигналу.

В ланцюзі, приведеному на рис. 2.3, генератором сигналу виступає мікроконтролер, який, в залежності від заданої програми та отриманої інформації щодо необхідного поточного стану керуючого сигналу, буде генерувати прямокутні сигнали певної частоти та шпаруватості.

Так як сигнали, згенеровані мікроконтролером, малопотужні, необхідно використати блок підсилення задля підсилення керуючих сигналів до необхідного рівня.

2.4. Обчислювальний блок пристрою

Для реалізації системи контролю параметрів мікроклімату, а саме, для виконання задач, що були наведені вище, необхідно підібрати мікропроцесор (мікроконтролер), який буде виконувати роль обчислювального ядра системи та задовольняти обумовлені параметри, виконуючи усі необхідні функції з обробки вхідної інформації та керування системою.

Розглянемо деякі популярні мікроконтролери, представлені на ринку зараз, серед яких: ATmega328, ATmega2560, різні версії ESP32, ESP8266.

ATmega328 – це мікроконтролер сімейства AVR, побудований на 8-ми бітному процесорі. Налічує 32 кБ флеш пам'яті, 2 кБ ОЗУ, 1кБ постійної пам'яті.

Серед периферійних пристроїв:

- два 8-ми бітних таймера/лічильника із модулями порівняння та дільниками частот;
- 16-бітний таймер/лічильник із модулем порівняння та дільником частот;
- лічильник реального часу із окремим генератором;

- шість каналів PWM;
- 6-ти канальний ЦАП;
- інтерфейси зв'язку UART, SPI, I2C.
- Максимальна частота роботи мікроконтролеру при живленні від 3.5 до 5.5 В дорівнює 20 МГц.

Призначення портів вводу та виводу такого мікроконтролеру наведено на рис. 2.4.

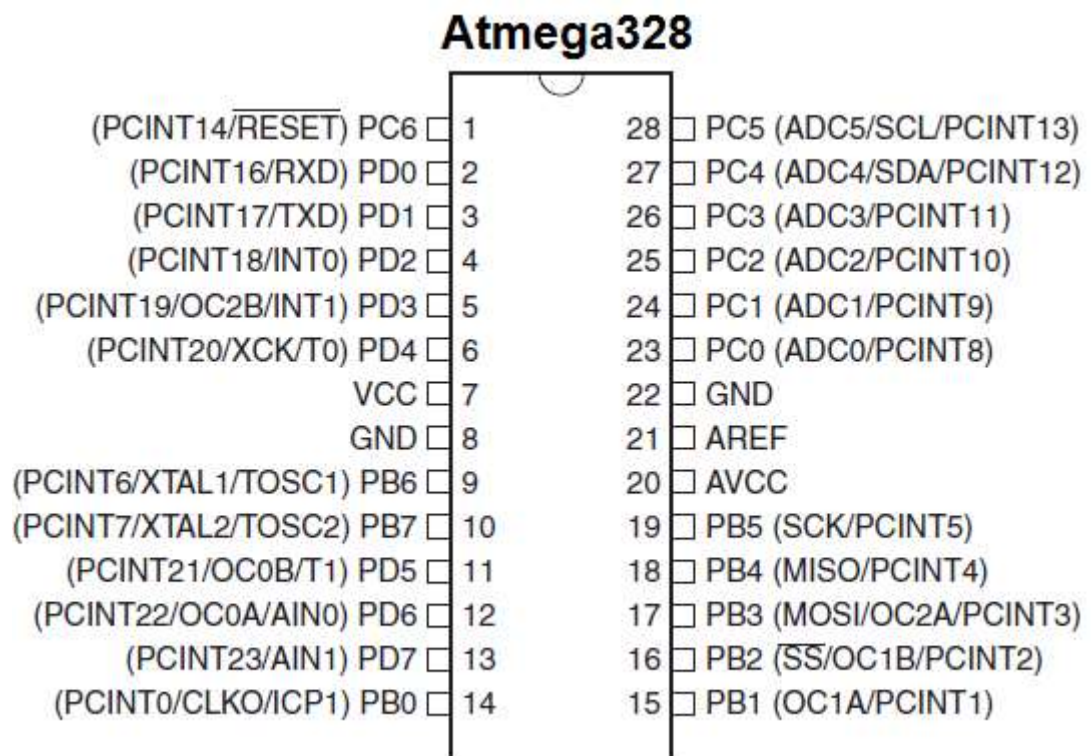


Рис. 2.4. Призначення портів вводу та виводу мікроконтролеру ATmega328.

ATmega2560 – це також мікроконтролер сімейства AVR, побудований на 8-ми бітному процесорі. Налічує 256 кБ флеш пам'яті, 8 кБ ОЗУ, 4 кБ постійної пам'яті.

Серед периферійних пристроїв:

- два 8-ми бітних таймера/лічильника із модулями порівняння та дільниками частот;
- чотири 16-бітних таймера/лічильника із модулем порівняння та дільником частот;

- лічильник реального часу із окремим генератором;
- 15 каналів PWM;
- 16-ти каналний АЦП;
- інтерфейси зв'язку UART, SPI, I2C.

Максимальна частота роботи мікроконтролеру при живленні від 3.5 до 5.5 В дорівнює 16 МГц.

Призначення портів вводу та виводу такого мікроконтролеру наведено на рис. 2.5.

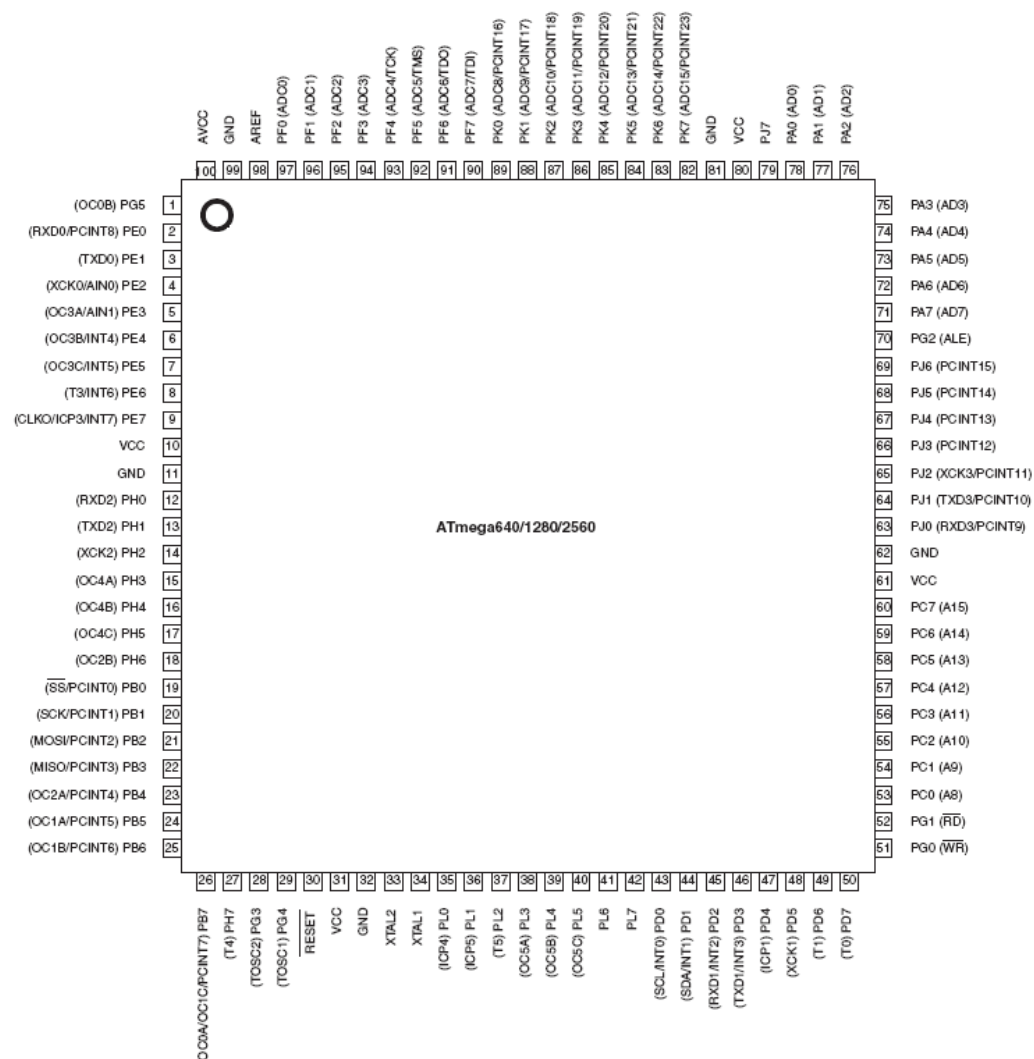


Рис. 2.5. Призначення портів вводу та виводу мікроконтролеру ATmega2560.

Як бачимо, наведені вище мікроконтролери мають доволі низьку тактову частоту роботи, що може сказатися на результативності роботи

системи в цілому. Також, серед інтерфейсів передачі даних ми бачимо лише дротові. Тому перейдемо до розгляду мікроконтролерів ESP.

ESP8266 – це мікроконтролер фірми Espressif із інтегрованим Wi-Fi інтерфейсом, головною рисою якого є висока ступінь інтеграції та виконання програм із зовнішньої ПЗП за допомогою SPI інтерфейсу.

Зовнішній вигляд мікроконтролеру наведений на рис. 2.6.

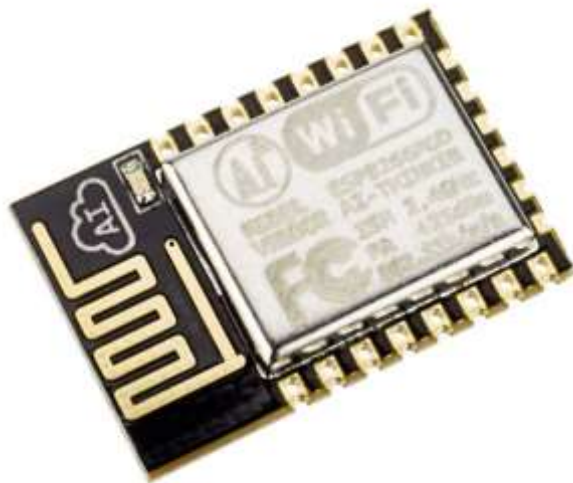


Рис. 2.6. Зовнішній вигляд мікроконтролеру ESP8266.

Серед технічних характеристик мікроконтролеру відмітити наступні:

- Процесор: одноядерний Tensilica L106 із частотою 160 MHz.
- Стандарти що підтримуються: 802.11 b / g / n.
- Типи шифрування: WEP, WPA, WPA2.
- Типи роботи: клієнт (STA), точка доступу (AP), клієнт + точка доступу (STA + AP).
- Напруга живлення: 1,7 – 3,6 В.
- Струм споживання: до 350 мА в залежності від режиму роботи.
- Кількість GPIO: 16 (11 доступних до використання).
- Інтерфейси зв'язку: I2C, UART, SPI.

ESP32 – також мікроконтролер фірми Espressif із інтегрованим Wi-Fi інтерфейсом, який являється продовженням лінійки ESP8266 із покращеними функціями.

Призначення портів вводу та виводу такого мікроконтролеру зображено на рис. 2.7.

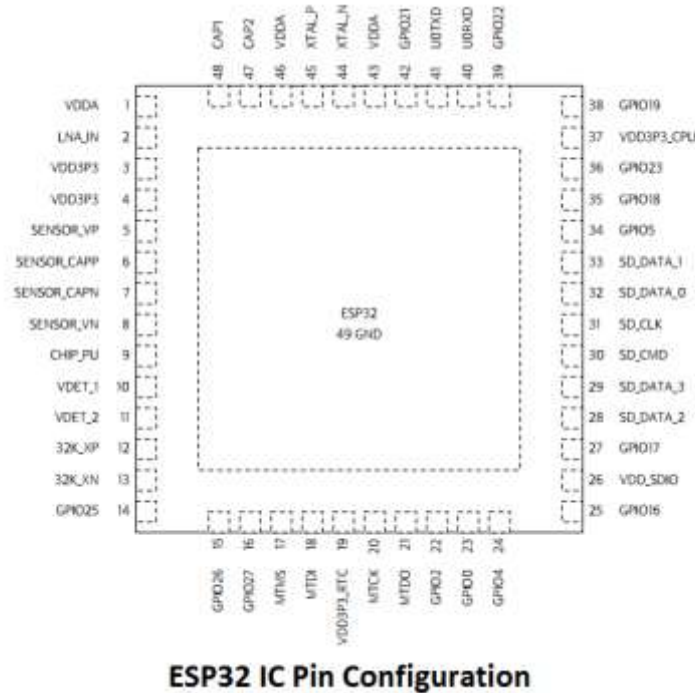


Рис. 2.7. Призначення портів вводу та виводу мікроконтролеру ESP32.

Серед технічних характеристик мікроконтролеру необхідно відмітити наступні:

- Процесор: однопоточний Tensilica LX6 із частотою 240 MHz.
- Канали бездротового зв'язку: Wi-Fi 802.11 b / g / n, Bluetooth v. 3.2.
- Типи шифрування: WEP, WPA, WPA2.
- Типи роботи: клієнт (STA), точка доступу (AP), клієнт + точка доступу (STA + AP).
- Напруга живлення: 1,7 – 3,6 В.
- Струм споживання: до 350 мА в залежності від режиму роботи.
- Кількість GPIO: 32.
- Інтерфейси зв'язку: I2C, UART, SPI/

Як бачимо, мікроконтролери ESP володіють рядом технічних переваг, які задовольняють представленим вимогам до розроблюваного пристрою. Зважаючи на це, в подальшому розробка пристрою буде проводитися від мікроконтролер ESP 8266.

Висновки

1. В ході виконання даної роботи було визначено та описано призначення системи контролю параметрів мікроклімату, перелічено основні показники мікроклімату, які буде враховувати для проектування системи, визначені параметри, на які буде здійснено впливати.
2. Було визначено перелік конкретних задач, які виконуються системою контролю мікроклімату, що дало можливість підібрати варіанти вирішення даних задач.
3. Визначивши основні вимоги, які необхідно представити до пристрою орієнтуючись на виконувані задачі та можливий функціонал, було розроблено алгоритми роботи системи, що дає можливість, опираючись на дані алгоритми, розробити програму для мікроконтролеру.
4. Була розроблена структурна схема модулю управління та модулю моніторингу, завдяки чому в подальшому буде розроблена електрична принципова схема.
5. Було розроблено структурну схему системи управління вентиляцією, що дає можливість організувати взаємодію окремих вузлів системи.

3 КОНСТРУКЦІЯ ВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ

3.1 Розробка електричної принципової схеми пристрою контролю системи вентиляції

3.1.1. Розробка модулю управління

Відповідно до структурної схеми модулю керування, наведеної на рис. 2.2, виконаємо розробку електричної принципової схеми.

Як було зазначено раніше, у якості мікроконтролера буде використано мікроконтролер фірми Espressif із інтегрованим Wi-Fi інтерфейсом – ESP8266.

Призначення портів вводу та виводу такого мікроконтролера забражено на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Призначення портів вводу та виводу мікроконтролера ESP8266.

Даний мікроконтролер працює від логічного рівня напруги 3,3В, тому, задля стабільної роботи розроблюваного пристрою, необхідно розробити блок живлення, який задовольняв би систему. Так як деякі елементи схеми працюють від логічного рівня напруги 5В, в системі буде необхідно забезпечити два рівні напруги: 5В та 3,3В.

Задля цього використаємо лінійний стабілізатор напруги серії AMS1117 на 3,3 В фірми Advanced Monolithic Systems. Даний стабілізатор випускається в двох корпусах – SOT-223 та TO – 252, що зображені на рис. 3.2.

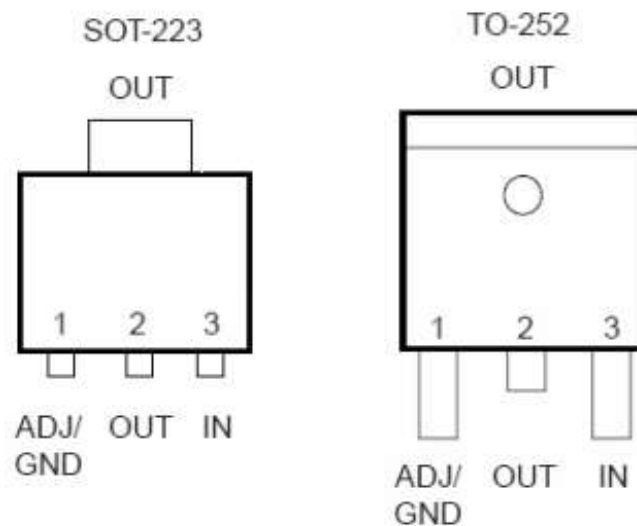


Рис. 3.2. Варіанти корпусів мікросхеми AMS1117 та призначення виводів.

Серед електричних параметрів лінійного стабілізатора AMS1117 необхідно відмітити наступні:

- максимальний вихідний струм – 1 А;
- максимальна вхідна напруга – 18 В;
- діапазон робочих температур від -20 до +125 °С;
- максимальна потужність, що може бути розсіяна для корпусу SOT-223 0,8 Вт;

— максимальна потужність, що може бути розсіяна для корпусу TO – 252 1,5 Вт;

— максимальна температура, при якій відбувається вимкнення 155 °С.

Типова схема включення стабілізатору AMS1117 наведена на рис. 3.3.

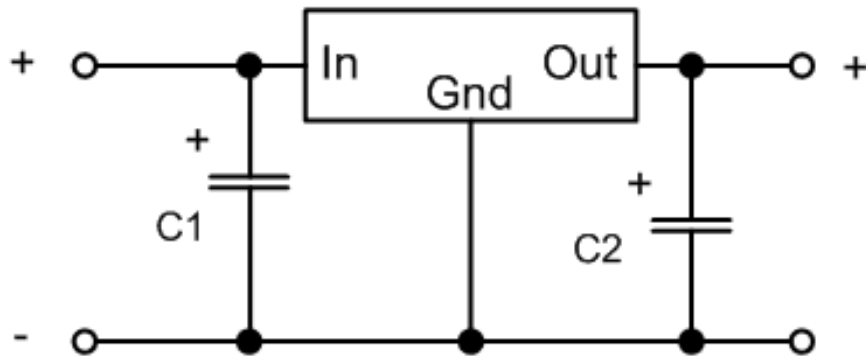


Рис. 3.3. Типова схема включення стабілізатору AMS1117.

Виконаємо розрахунок потужності, що буде розсіяна на стабілізаторі (Power dissipation):

$$P_D = (V_{in} - V_{out}) \cdot I_{out} = (5 - 3,3) \cdot 0,35 \approx 0,6 \text{ Вт.}$$

Виходячи із проведеного розрахунку бачимо, що потужність, яка буде розсіюватися, задовольняє вимогам обидвох корпусів, проте задля більшої стабільності оберемо корпус TO – 252.

У якості конденсаторів C1 та C2 використовуються, відповідно до даташиту, електролітичні конденсатори на 10 мкФ.

Для стабільної роботи мікроконтролера ESP8266 вивід REST під'єднаємо до плюса живлення через обмежувальний резистор номіналом 10 кОм. Завдяки цьому наведені потенціали від силових ліній поблизу пристрою не зможуть викликати перезавантаження мікроконтролера.

Вихід мікроконтролера CN-PD також під'єднаємо до плюса живлення через обмежувальний резистор номіналом 10 кОм, адже попадання логічного нуля на цей вивід спричинить перехід мікроконтролера у режим «Сну» із низьким споживанням електроенергії.

Вихід GPIO15 під'єднаємо до мінусу живлення аби мікроконтролер не переходив у режим програмування після кожного включення.

Для індикації режиму роботи мікроконтролеру використаємо два світлодіоди, під'єднані до GPIO 4 та GPIO 5 через резистор номіналом $R1, 2 = (3,3 \text{ В} - 2 \text{ В}) / 5 \text{ мА} = 260 \text{ Ом}$.

Виконавши підключення, описане вище, отримаємо стабільну роботу мікроконтролеру. Елемент принципової схеми підключення мікроконтролерного блоку наведено на рис. 3.4.

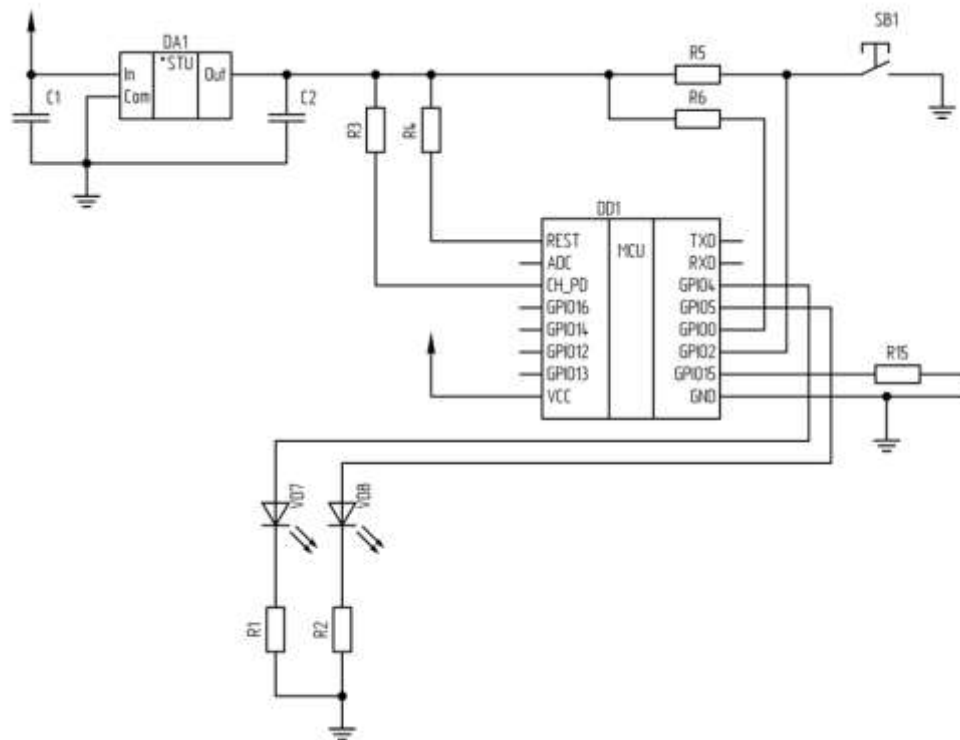


Рис. 3.4. Принципова схема підключення мікроконтролеру ESP8266.

У якості блоку зв'язку використаємо апаратні засоби зв'язку мікроконтролеру ESP8266, а саме – його Wi-Fi модуль.

У якості блоку вводу інформації використаємо ряд тактових кнопок, які можна використовувати для швидкого вмикання певних режимів роботи, або переходу по меню пристрою.

Тактові сигнали із кнопок необхідно обробляти та фільтрувати. Використовувати для цього ресурс основного контролеру не бажано, тому для цих задач оберемо окремий драйвер кнопок.

Для виконання функцій драйверу кнопок використаємо мікроконтролер ATmega8.

Мікроконтролер ATmega8 – це 8-бітний мікроконтролер сімейства AVR, який виконує більшу частину команд за один такт. Володіє наступними характеристиками.

Пам'ять:

- 82 кБ Flash (пам'ять програм);
- 2 кБ ОЗП;
- 1 кБ EEPROM (постійна пам'ять даних).

Периферійні пристрої:

- два 8-бітних лічильника з дільниками частоти;
- 16-бітний лічильник з дільником частоти;
- лічильник реального часу з додатковим генератором;
- шість каналів PWM;
- 10-ти бітний АЦП;
- програмуємий сторожовий таймер;
- блок обробки переривань;

Апаратні інтерфейси зв'язку: UART; SPI; I2C.

Діапазони напруги живлення та швидкість роботи процесору:

- 1,8 – 5,5 В при частоті до 4 МГц;
- 2,7 – 5,5 В при частоті до 10 МГц;
- 4,5 – 5,5 В при частоті до 20 МГц.

Розпіновка мікроконтролеру ATmega8 зображена на рис. 3.5.

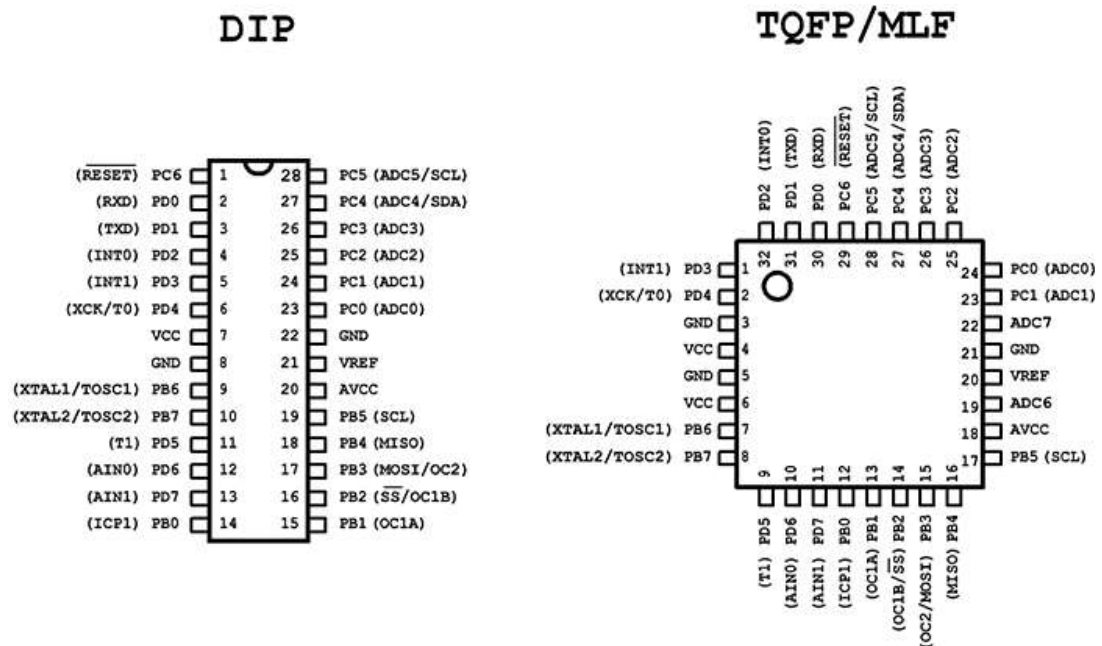


Рис. 3.5. Розпіновка виводів мікроконтролера ATmega8.

Блок кнопок буде під'єднуватися до даного мікроконтролера за схемою, зображеною на рис. 3.6.

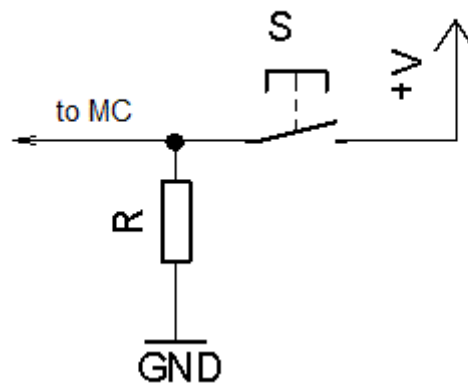


Рис. 3.6. Схема під'єднання кнопки.

Логіка роботи даного включення кнопки наступна. Через резистор R на сигнальний вихід, який підключений до мікроконтролера, передається нульовий потенціал. При натисканні кнопки S на виході з'являється потенціал джерела живлення, а через резистор R починає протікати слабкий струм. Такий резистор називається підтягуючим і зазвичай обирається номіналом 10 кОм.

При такому включенні кнопки під час її натиску обов'язково буде спостерігатися брязкіт контактів, яких може негативно сказатися на зручності користування. Графічно даний брязкіт зображений на рис. 3.7.

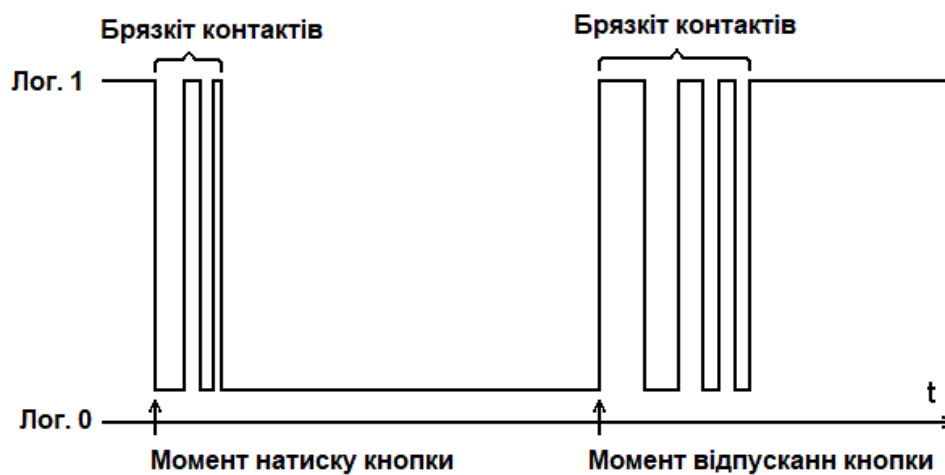


Рис. 3.7. Брязкіт контактів тактової кнопки.

Тому в мікроконтролері обов'язково повинен бути програмний алгоритм опрацювання брязкоту, який унеможливить хибні спрацювання кнопки. Зобразимо роботу такого алгоритму на рис. 3.8.



Рис. 3.8. Алгоритм програмної фільтрації брязкоту контактів.

Контролер кнопок буде передавати інформацію на основний контролер по послідовному інтерфейсу UART.

Для правильного функціонування мікроконтролера ATmega8 необхідно виконати його під'єднання відповідно до даташиту.

В розроблюваному пристрої будемо використовувати мікроконтролер в корпусі TQFP.

Усі виходи VCC мікроконтролера під'єднаємо до плюса живлення (+5В), а виходи GND – до мінуса живлення.

Вихід REST, який відповідає за перезавантаження мікроконтролера у випадку попадання на нього логічного 0, через підтягуючий резистор 10 кОм, під'єднати до плюса живлення.

До виходів XTAL1 та XTAL2 під'єднати кварцовий резонатор, а також керамічні конденсатори номіналом 16 пФ, відповідно до даташиту.

Загальна схема описаного вище під'єднання кнопок до мікроконтролера наведена на рис. 3.9.

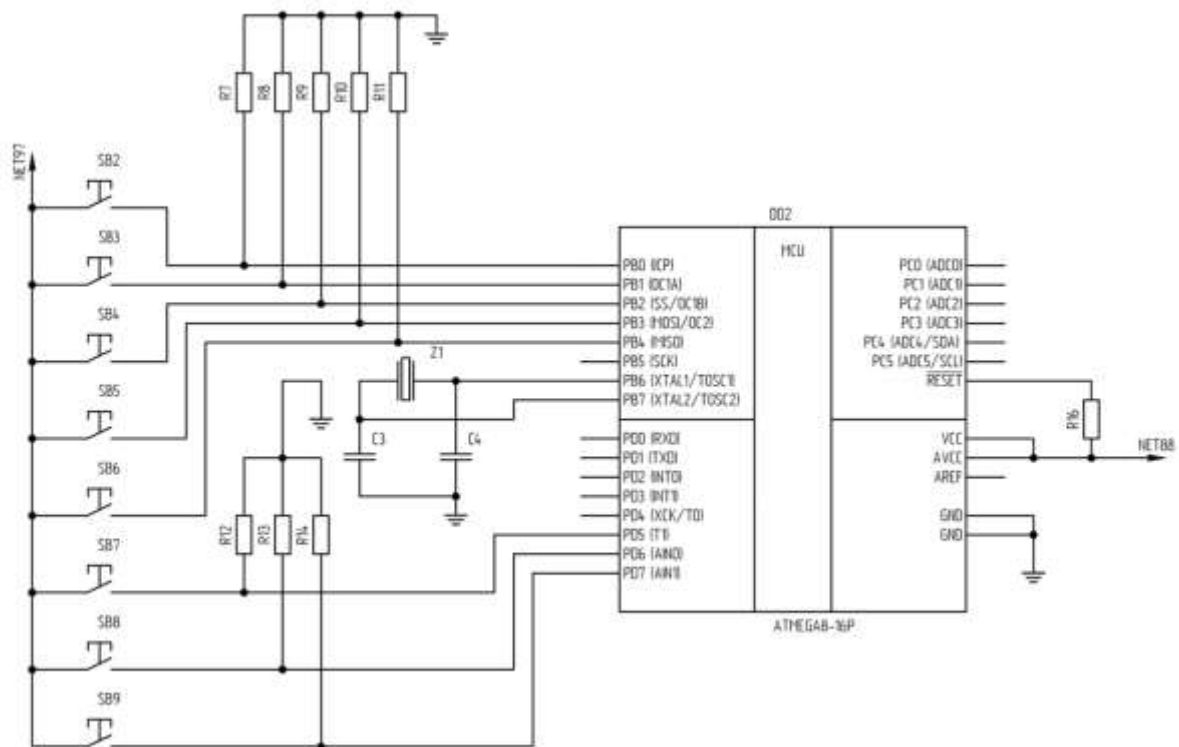


Рис. 3.9. Схема драйверу тактових кнопок.

У якості модулю виведення інформації використаємо OLED SPI дисплей на контролері SSD1331. Зовнішній вигляд даного дисплею наведено на рис. 3.10.

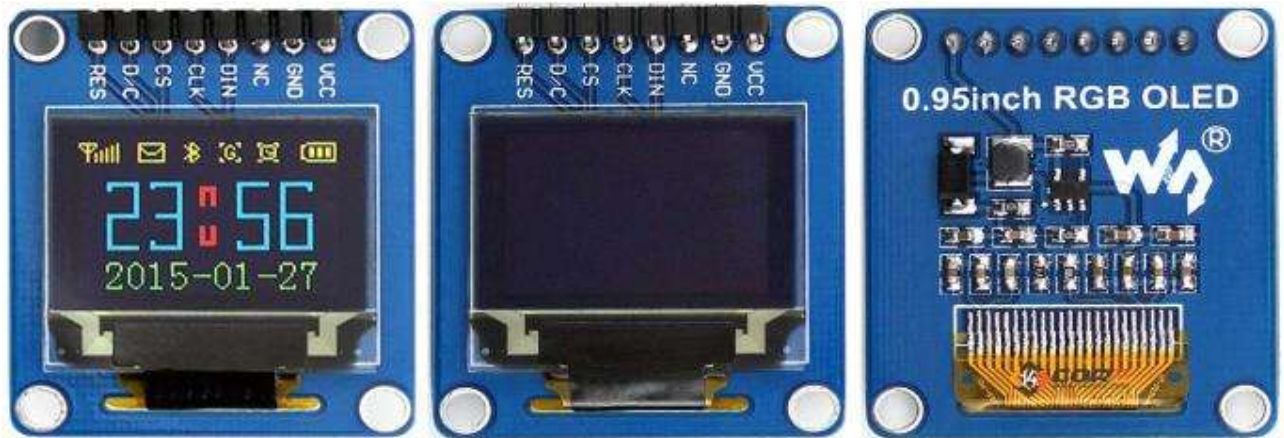


Рис. 3.10. Зовнішній вигляд дисплею OLED SPI SSD1331.

Технічні характеристики даного дисплею наведені в таблиці 3.1.

Табл. 3.1

Технічні характеристики дисплею OLED SPI SSD1331

Тип дисплею	OLED
Контролер	SSD1331
Кількість пікселів	96x64
Кількість кольорів	65536
Діагональ	0.95"
Інтерфейс	SPI
Робоча напруга	2.3-5 В
Розміри	31 x 27 мм
Діапазон робочих напруг	-20°C..+70°C

Виконаємо під'єднання даного дисплею до мікроконтролеру АТМega8 відповідно до схеми підключення, рекомендованої даташитом.

Виконаємо розробку системи управління навантаженням. Для цього оберемо ШІМ – контролер, який буде генерувати керуючий сигнал. В якості такого контролеру буде використано мікросхему РСА9685.

РСА9685 – це 16-ти канальний 12-розрядний ШІМ-контролер, частота якого налаштовується в межах від 24 до 1626 Гц. За допомогою цього контролеру можна керувати яскравістю світлодіодів, сервомоторами та

іншими пристроями, в яких у якості керуючого параметри використовується ШІМ-сигнал. Розпіновка мікросхеми наведена на рис. 3.11.

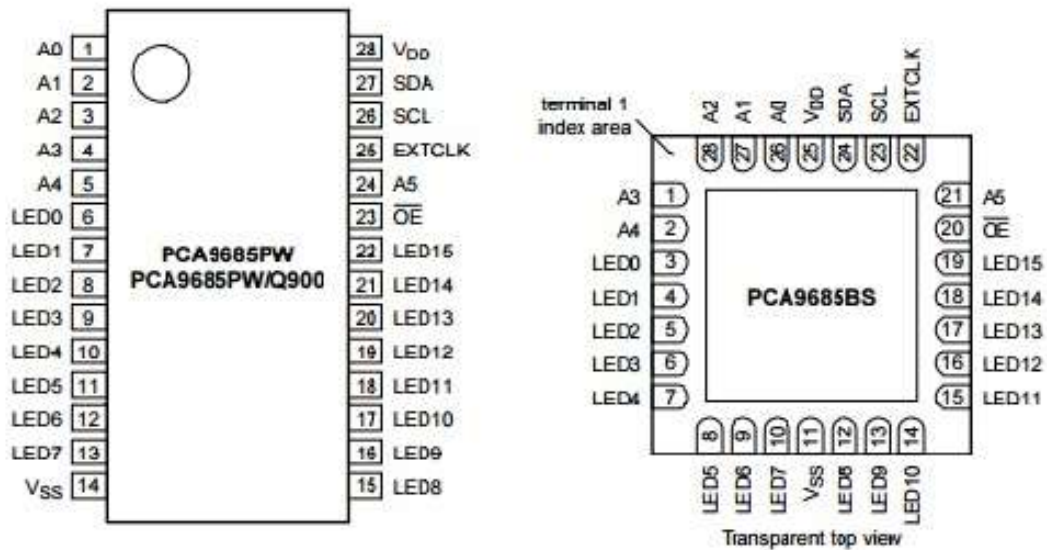


Рис. 3.11. Розпіновка мікросхеми PCA9685.

Даний контролер керується за допомогою шини I2C, що робить його зручним у використанні.

Відповідно до наведених вище розрахунків і пояснень, було створено принципову схему пристрою із такими параметрами:

- напруга живлення – 5 В;
- максимальний струм споживання – 1 А;
- максимальна споживана потужність – 5 Вт;
- максимальна розрядність ШІМ-сигналу – 12 розрядів;
- максимальна частота ШІМ-сигналу – 1,6 кГц;
- максимальна кількість клієнтів Wi-Fi – 5;
- радіус покриття (без перешкод) – 350 м.

3.1.2 Розробка електричної принципової схеми модулю моніторингу

В основі модулю моніторингу, так само як і в основі керуючого модулю, буде використовуватися мікроконтролер ESP8266, який забезпечить пристрій швидкою роботою та можливістю передачі інформації через Wi-Fi. Основні параметри даного мікроконтролера, його режими роботи та способи підключення буди описані в попередньому пункті даної роботи.

У якості давача температури та вологи використаємо чіп HTU 21, який поєднує в собі два давача. Розпіновка давача наведена на рис. 3.12.

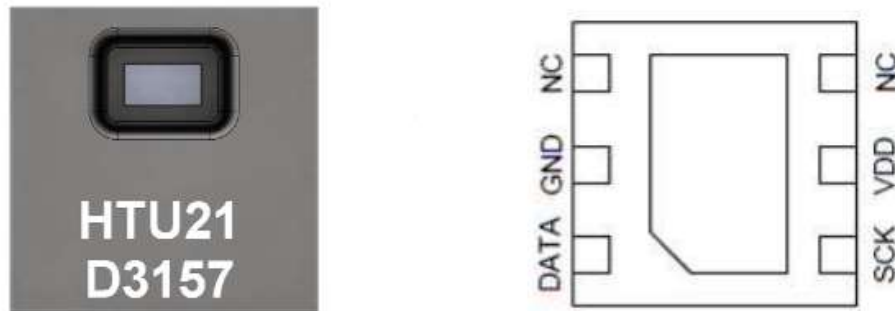


Рис. 3.12. Призначення виводів давача HTU 21.

Призначення виводів давача:

- VDD – плюс живлення, від 3,3 до 5,5 В;
- GND – мінус живлення;
- DATA – вивід для передачі даних;
- SCK – вхід для синхроімпульсів.

Типова схема підключення давача HTU 21 наведена на рис. 3.13.

В схемі, наведеній на рис. 3.13 резистори R – підтягуючі резистори номіналом 10 кОм, конденсатор C – ємністю 100 нФ.

У якості давача рівня вуглецю в повітрі використаємо давач моделі MQ-9, який використовується для детектування та виміру рівня вуглецевого газу в повітрі. Даний давач являється аналоговим, тобто рівень вихідної напруги на інформаційному виході давача залежить від кількості газу в повітрі, тому його можна використовувати задля відстеження відносної зміни CO₂ в повітрі. Зовнішній вигляд давача наведений на рис. 3.14.

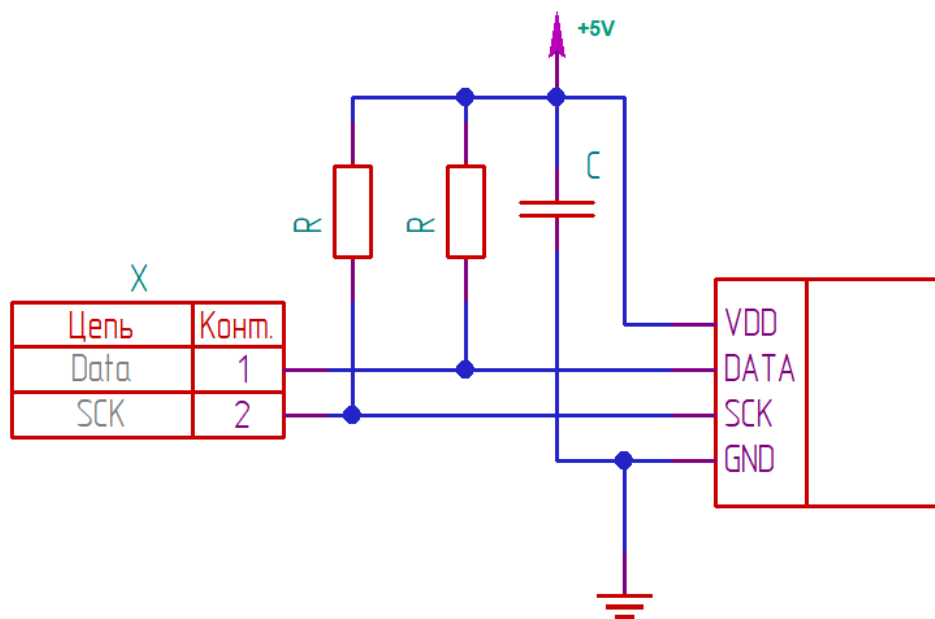


Рис. 3.13. Типова схема підключення датчика HTU 21.



Рис. 3.14. Зовнішній вигляд датчика MQ-9.

Датчик MQ-9 працює від напруги 1,5 – 5 В та при температурах від -10 до 55 °С.

Схема підключення датчика MQ-9 наведена на рис. 3.15.

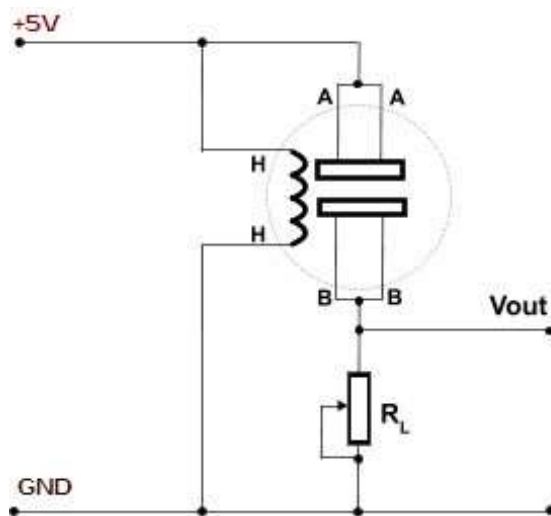


Рис. 3.15. Схема підключення датчика MQ-9.

Відповідно до наведених вище розрахунків і пояснень, було створено принципову схему пристрою із такими параметрами:

- напруга живлення – 5 В;
- максимальний струм споживання – 500 мА;
- максимальна споживана потужність – 2,5 Вт;
- діапазон вимірювання відносної вологості – від 0 до 100%;
- похибка показань вимірювання вологості - +/- 2%;
- діапазон вимірюваних температур – від -40 до +125 °С;
- похибка показань вимірювання температури - +/- 0,3 °С
- радіус покриття (без перешкод) – 350 м.

3.2 Розробка друкованої плати пристрою контролю системи вентиляції

3.2.1 Розробка друкованої плати основного блоку

Для створення пристрою, принципова схема якого наведена в додатку, створимо друковані плати, які забезпечать необхідне електричне з'єднання компонентів та дозволять створити стабільні умови для функціонування окремих модулів.

Для створення друкованої плати пристрою контролю системи вентиляції наведемо основні габаритні розміри елементів, що використовуються.

Габаритні розміри плати-розширювача для мікроконтролеру ESP8266 наведені на рис. 3.16.

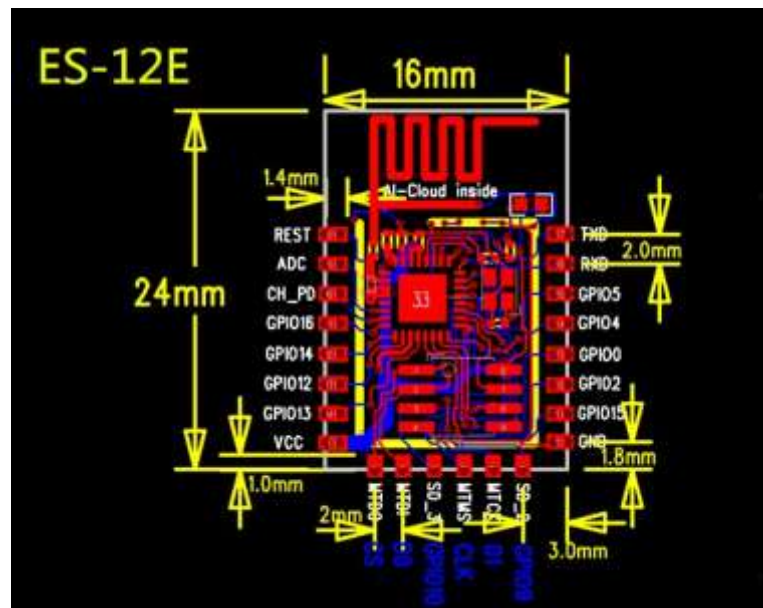


Рис. 3.16. Габаритні розміри плати-розширювача ESP8266.

Друкована плата, наведена на рис. 3.16 являється спеціалізованою платою, яка разом із мікроконтролером утворюють модуль ES-12.

Мікроконтролер ATmega8 буде використаний в корпусі TQFP32, геометричні параметри якого наведені на рис. 3.17.

32-pin plastic QFP
(FPT-32P-M21)

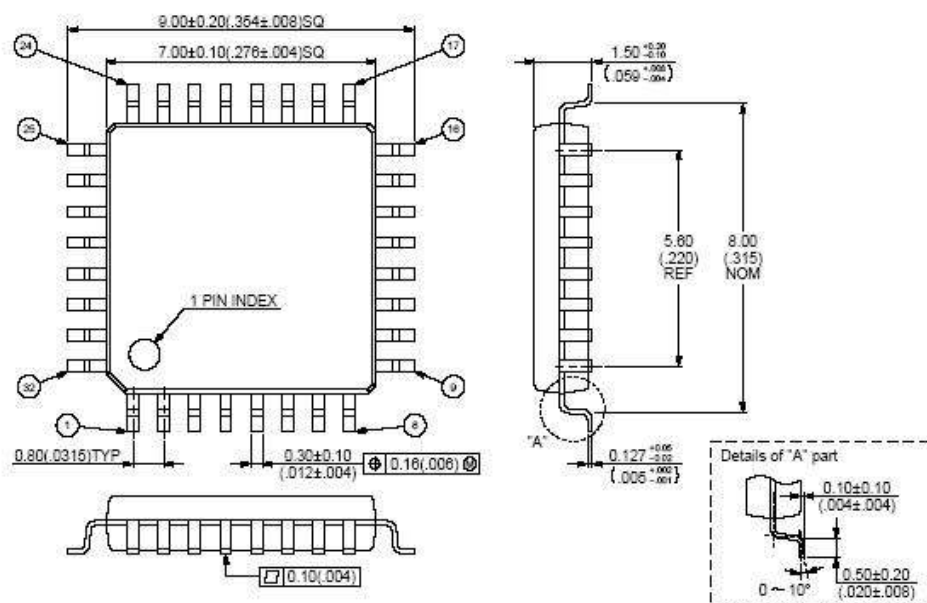


Рис. 3.17. Геометричні параметри корпусу TQFP32.

ШИМ-драйвер PCA9685 поставляється в корпусі SOP28, геометричні параметри якого наведені на рис. 3.18.

28-pin plastic SOP
(FPT-28P-M01)

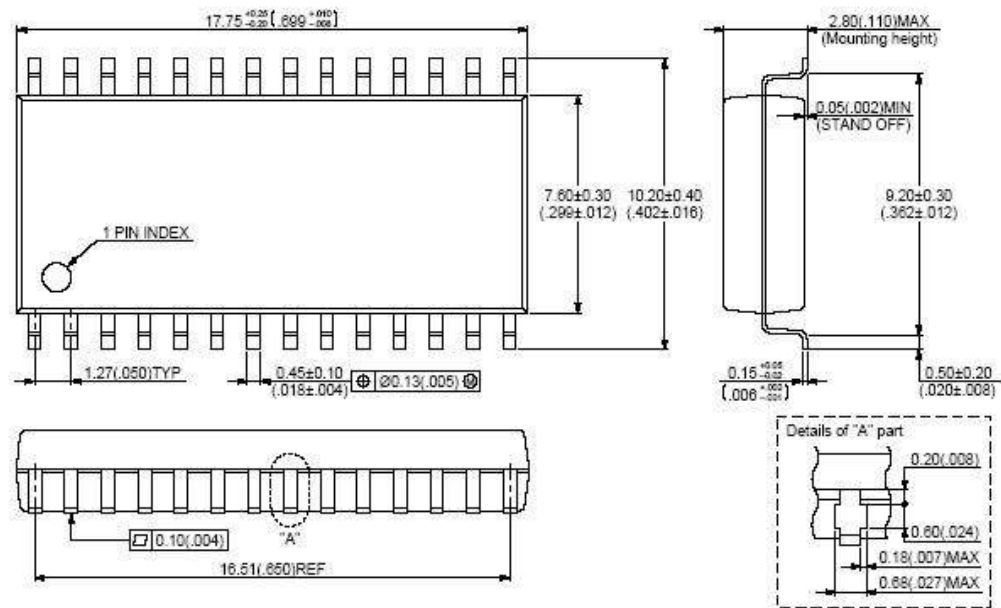


Рис. 3.18. Геометричні параметри корпусу SOP28.

Стабілізатор напруги AMS1117 поставляється в корпусі типорозміру SOT223, габаритні розміри якого вказані на рис. 3.19.

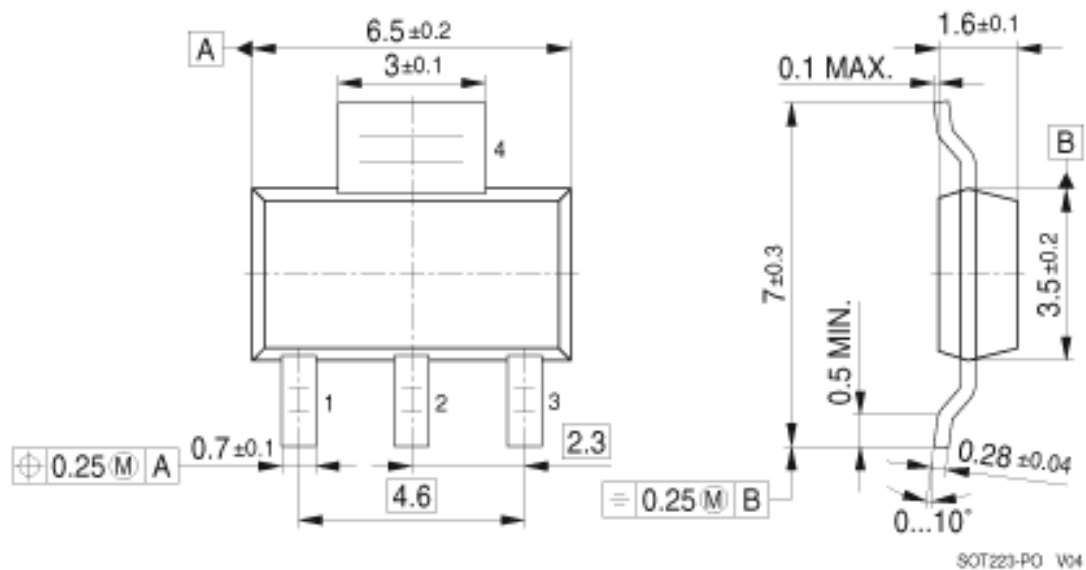


Рис. 3.19. Геометричні параметри корпусу SOT222.

Габарити стандартних тактових кнопок, які будуть використовуватися для монтажу на друкованій платі, наведені на рис. 3.20.

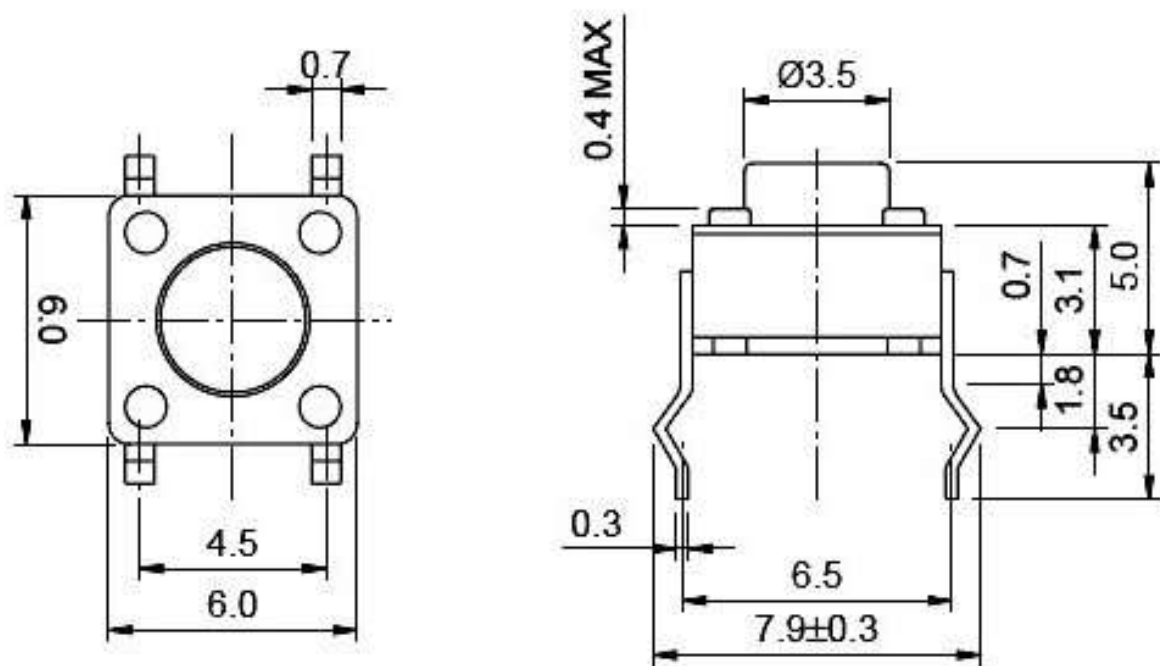
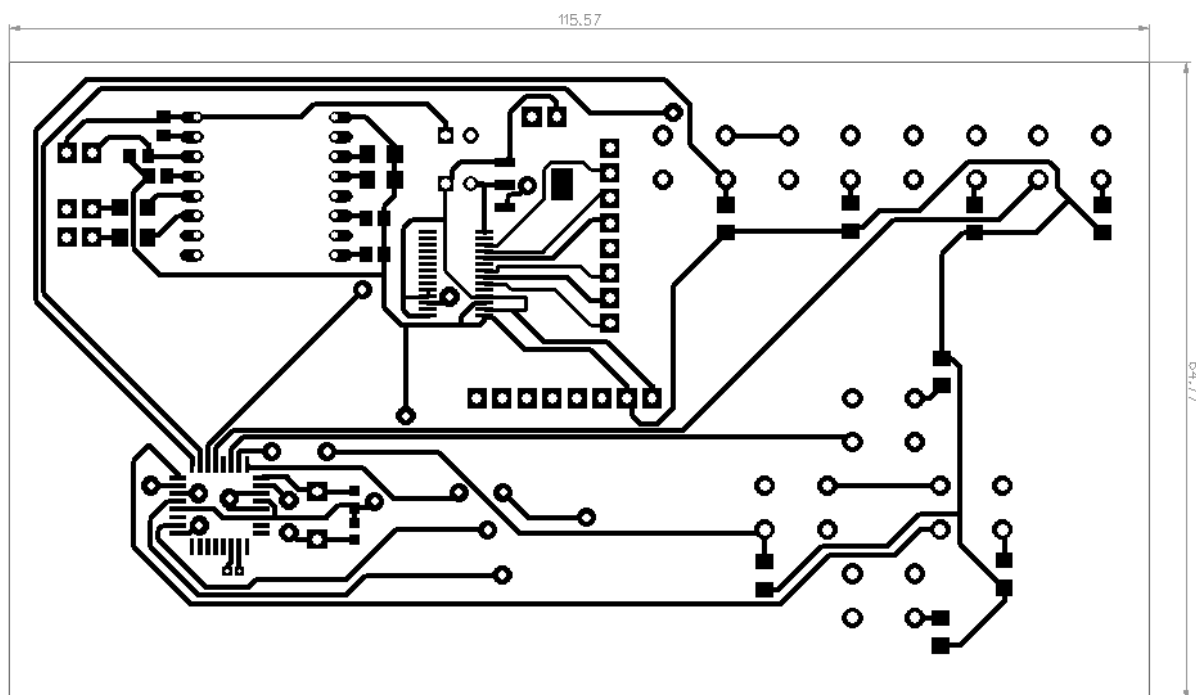
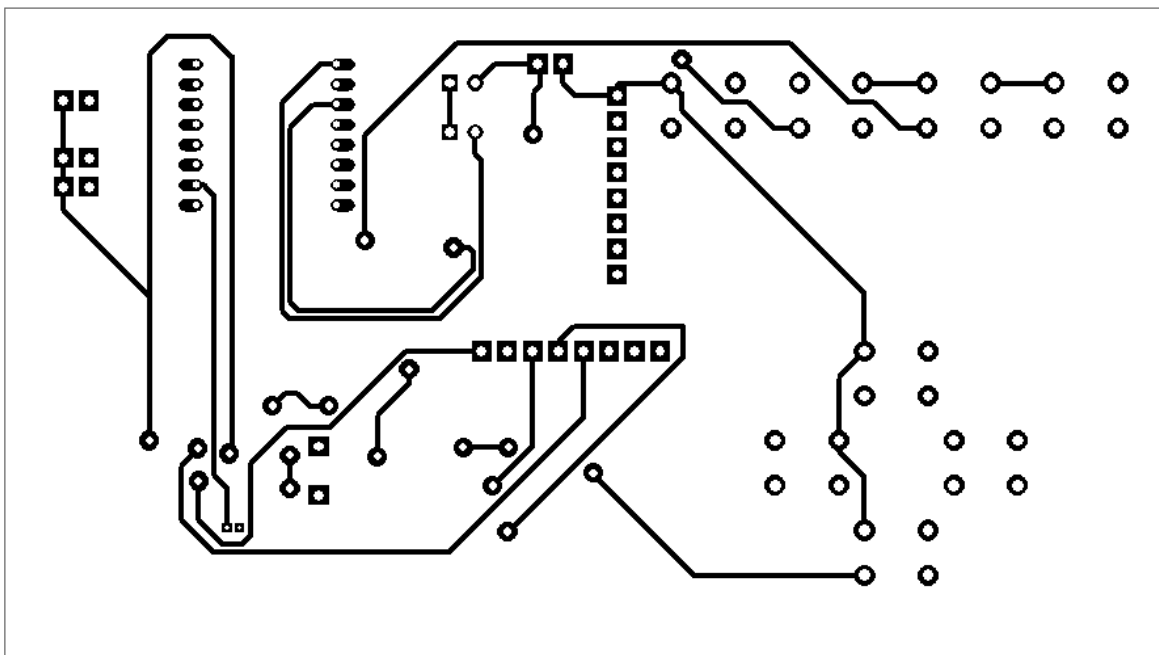


Рис. 3.20. Габаритні розміри тактових кнопок.

Враховуючи наведене вище, була розроблена друкована плата (рис. 3.21).



a)



б)

Рис. 3.21. Друкованої плата (а – верхній шар, б – нижній шар).

Елементи друкованої плати необхідно розміщувати на платі так, як зображено на рис. 3.21. відповідно до специфікації принципової схеми.

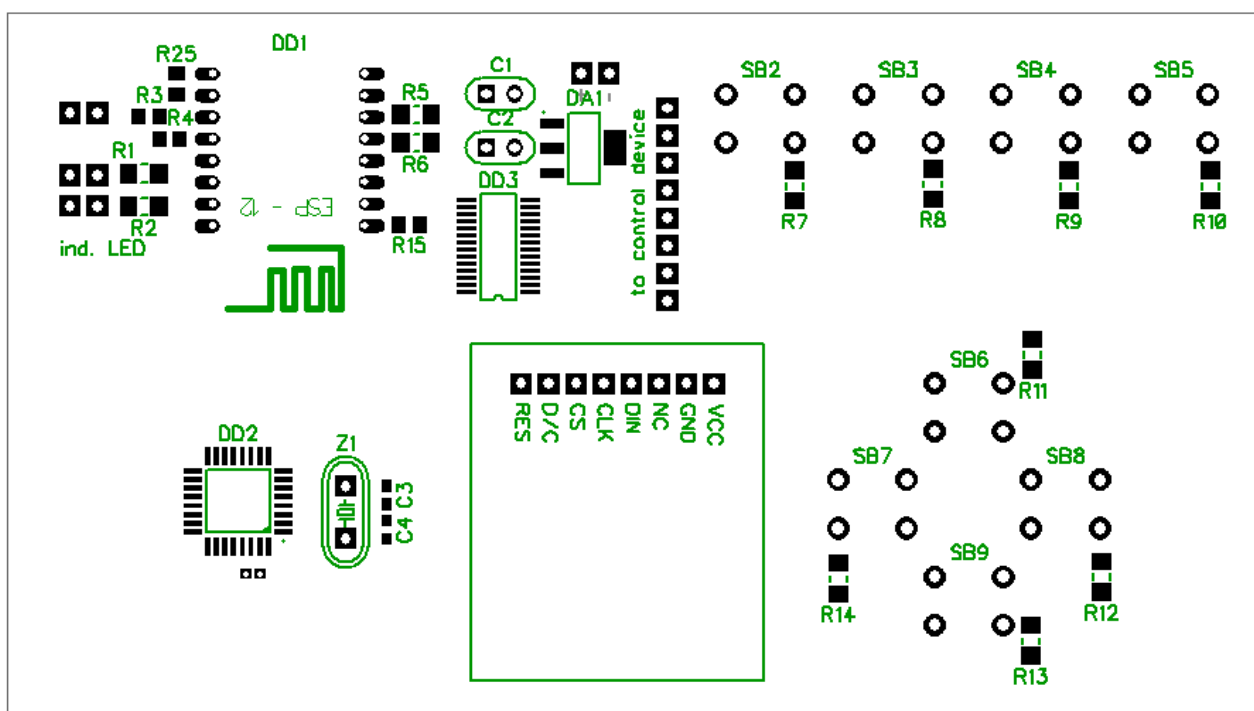


Рис. 3.22. Розміщення елементів на друкованій платі.

Об'ємне зображення друкованої плати наведено на рис. 3.23.

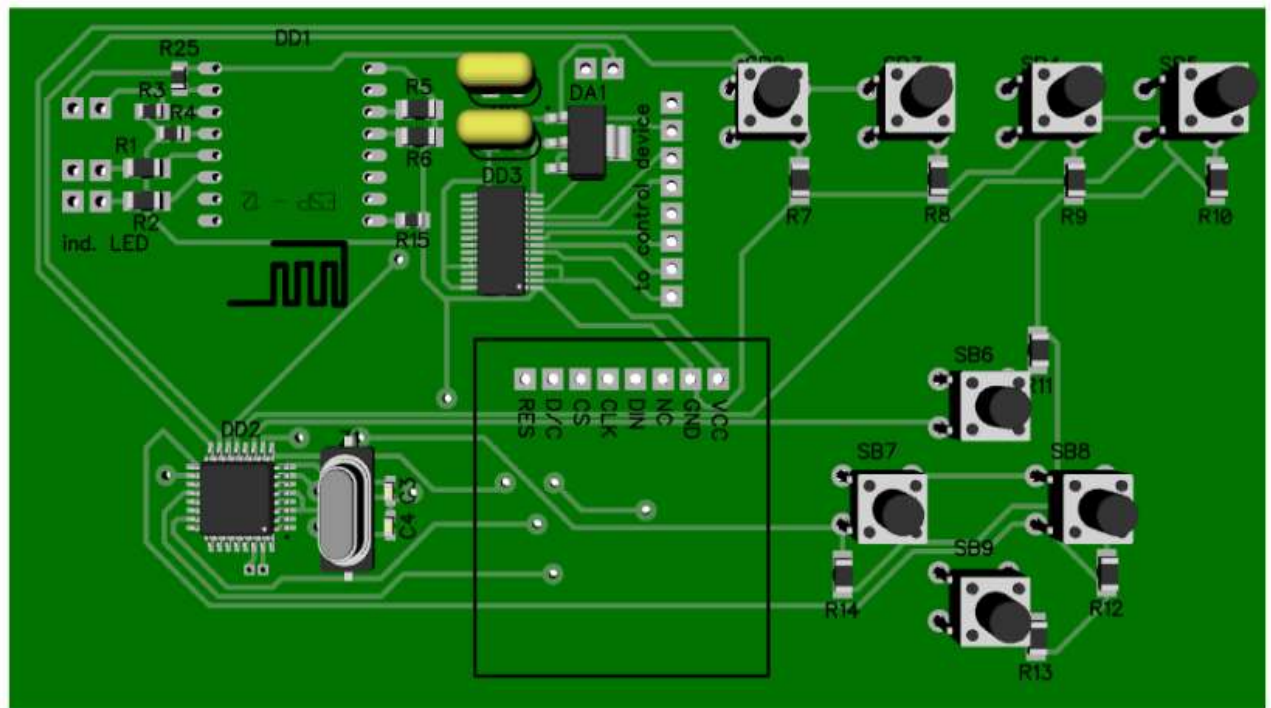


Рис. 3.23. Об'ємне зображення друкованої плати.

Друкована плата повинна виконуватися на листі фольгованого склотекстоліту товщиною 1 мм, при товщині шару міді 70 мкм. Типова ширина доріжок плати дорівнює 0,5 мм, найменша дорівнює 0,4 мм.

3.2.2. Розробка друкованої плати датчиків.

Для створення модулю системи моніторингу, принципова схема якого наведена в додатку, створимо друковану плату. Враховуючи принципову електричну схему, була розроблена друкована плата (рис. 3.24).

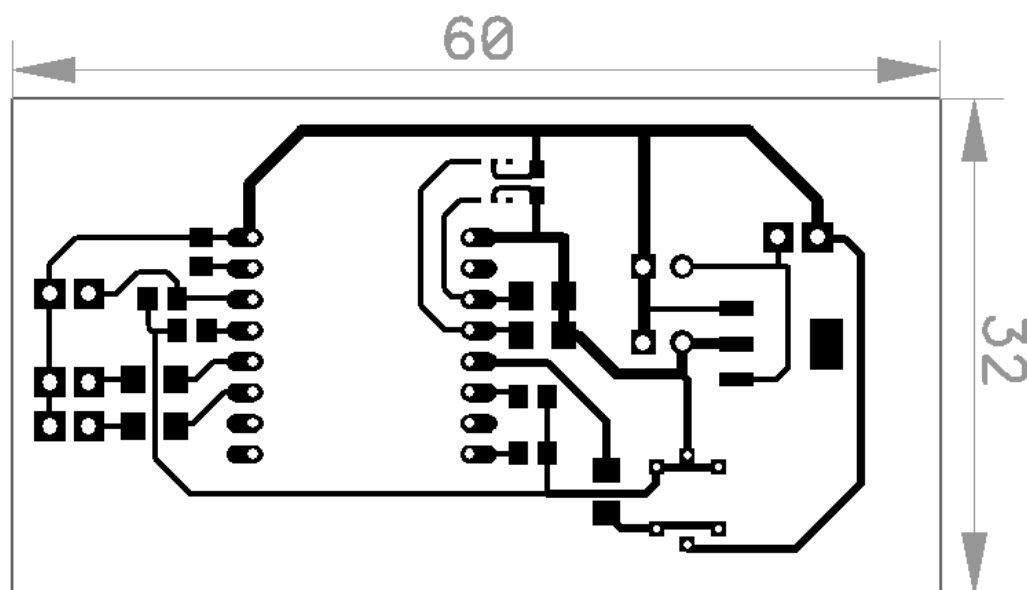


Рис. 3.24. Друкована плата.

Елементи друкованої плати необхідно розміщувати на платі так, як зображено на рис. 3.25. відповідно до специфікації принципової схеми.

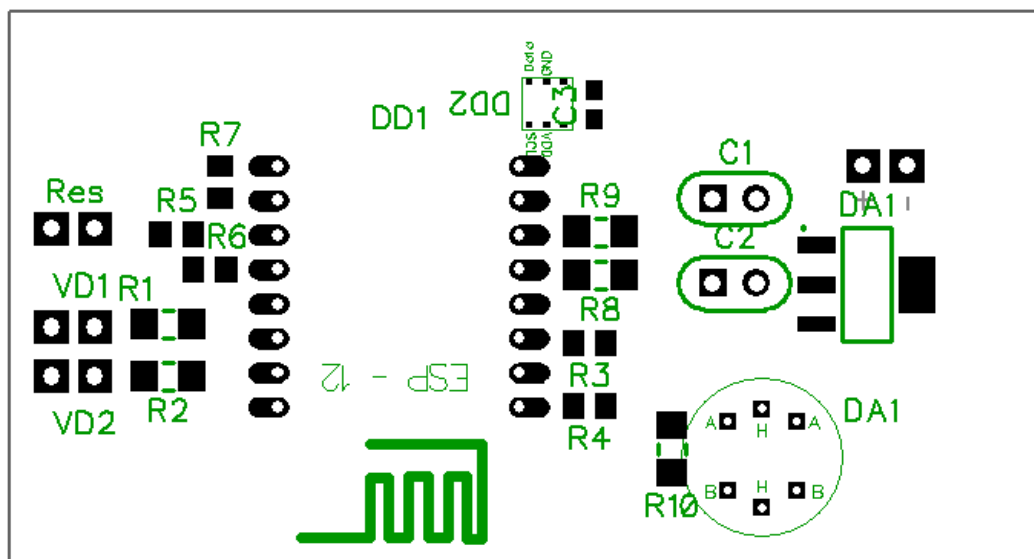


Рис. 3.25. Розміщення елементів на друкованій платі.

Об'ємне зображення друкованої плати наведено на рис. 3.26.

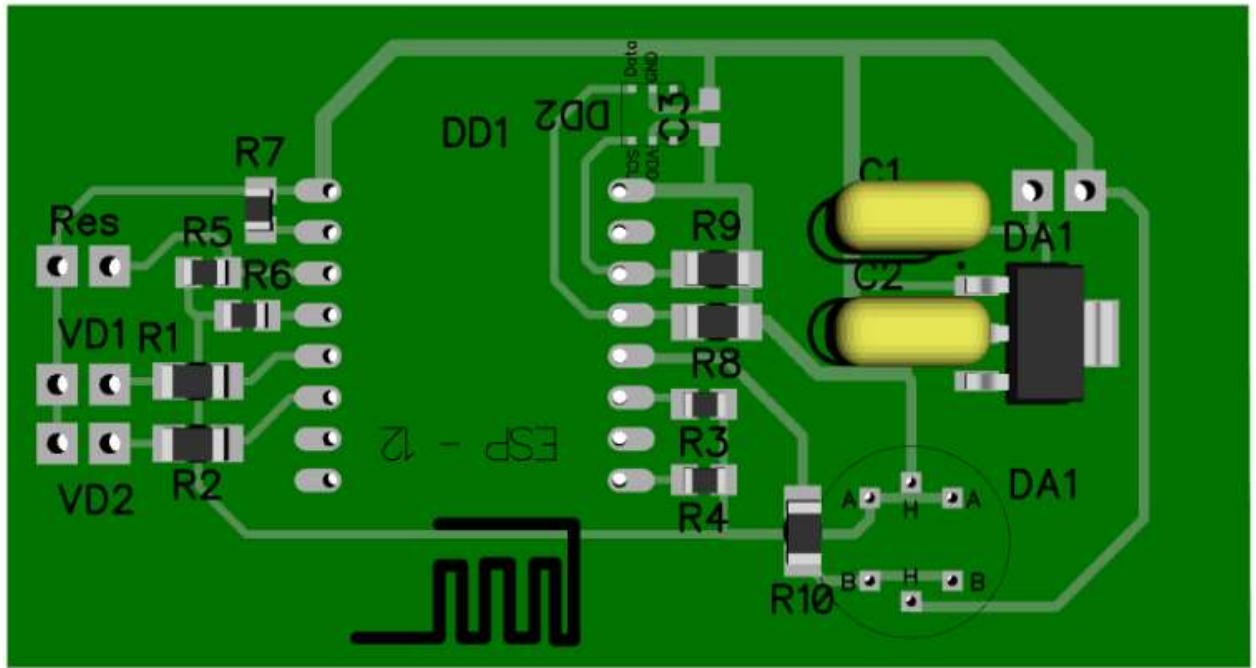


Рис. 3.26. Об'ємне зображення друкованої плати.

Друкована плата повинна виконуватися на листі фольгованого склотекстоліту товщиною 1 мм, при товщині шару міді 70 мкм. Типова ширина доріжок плати дорівнює 0,5 мм, найменша дорівнює 0,4 мм.

Висновки

1. Було розроблено принципову схему модулю управління виходячи із задач, вирішення яких передбачалося даним пристроєм, що дало можливість конкретизувати параметри пристрою та його функціональні можливості.
2. Було розроблено принципову схему модулю моніторингу параметрів мікроклімату приміщення, завдяки чому було наведено перелік конкретних робочих параметрів пристрою.
2. До принципової схеми були підібрані конкретні елементи, наведені в специфікації. Фізичні та геометричні параметри даних компонентів дозволили створити друковані плати пристроїв.
3. Були розроблені друковані плати для обох пристроїв виходячи з їх принципових електричних схем, що дає можливість обрати необхідний для друкованих плат матеріал, метод їх виконання, метод монтажу компонентів, а також розробити корпус.

4 ПІДГОТОВКА СТАРТАП ПРОПОЗИЦІЇ

Стартап як форма малого ризикового (венчурного) підприємництва впродовж останнього десятиліття набула широкого розповсюдження у світі через зниження бар'єрів входу в ринок (із появою Інтернету як інструменту комунікацій та збуту стало простіше знаходити споживачів та інвесторів, займатись пошуком ресурсів, перетинати кордони між ринками різних країн), і вважається однією із наріжних складових інноваційної економіки, оскільки за рахунок мобільності, гнучкості та великої кількості стартап-проектів загальна маса інноваційних ідей зростає.

Зміст ідеї	Напрями застосування	Вигода для користувача
Розробка автоматизованої системи керування вентиляцією складських приміщень, щ	Керування системою вентиляції	Простота системи, масштабованість системи, наявність як автоматичного, так і ручного керування, можливість віддаленого доступу

Проте створення та ринкове впровадження стартап-проектів відзначається підвищеною мірою ризику, ринково успішними стає лише невелика частка, що за різними оцінками складає від 10% до 20%.

Ідея стартап-проекту, взята окремо, не вартує майже нічого: головним завданням керівника проекту на початковому етапі його існування є перетворення ідеї проекту у працюючу бізнес-модель, що починається із формування концепції товару (послуги) для визначеної клієнтської групи за наявних ринкових умов.

Розроблення та виведення стартап-проекту на ринок передбачає здійснення низки кроків, в межах яких визначають ринкові перспективи проекту, графік та принципи організації виробництва, фінансовий аналіз та аналіз ризиків і заходи з просування пропозиції для інвесторів.

Табл.4.2. Опис ідеї стартап-проекту

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	Потенційні конкуренти	
		Мій проект	СВ Альтера
1	Доступ до системи через мережу інтернет	+	-
2	Масштабованість системи	+	-
3	Сучасність елементної бази	+	+
4	Відомість бренду	-	+

Табл. 4.3. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Створення системи моніторингу та керування вентиляцією	Використовується сучасна елементна база (мікроконтролери ATmega8)	Технологія існує	Технології доступні на платній основі
2	Розробка САПР	Використовуються технології .NET і стек технологій для Front-end	Технологія існує	Технології доступні в вільному доступі

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: всі технології є доступними, тому пристрій може бути виготовлений.

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	0
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	2500
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	стагнує
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	60%

Табл. 4.4 Технологічна здійсненність ідеї проекту

Табл.4.5. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Можливість скоротити витрати на обслуговуючий персонал	Власники складських приміщень, заводів з переробки плодоовочевої продукції фермери та перекупщики	У кожного замовника існують свої вимоги до масштабу та комплектації кінцевої системи	Вимоги до можливості внесення змін в систему, шляхом ручного керування, ремонт системи
2	Можливість скоротити витрати на енергоресурси	Власники складських приміщень, заводів з	У кожного користувача існують визначені вимоги до	Вимоги до можливості побудови схеми з

	та збільшити час можливого зберігання продукції	переробки плодовоовочевої продукції фермери та перекупщики	очікуваного результату роботи системи	використанням різних елементів пам'яті, різної складності
--	-------------------------------------------------	------------------------------------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------------------------------------

Табл.4.6. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Можливість поломок системи	Так, як система призначена для роботи в агресивних умовах, можливі часті поломки системи	Підвищення роботоздатності безвідмовності системи в складних умовах
2	Поява аналогів від більш крупних компаній, або поява нових технологій	Поява аналогів негативно вплине на реалізацію продукту	Покращення алгоритмів роботи

Табл.4.7. Фактори загроз

п/п	Фактор	Зміст можливості	Реакція компанії
1	Поява нових технологій, які покращують роботу і можливості системи	З розвитком технологій з'являються більш нові і швидкодіючі технології	Впровадження нових технологій

Табл. 8. Фактори можливостей

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність компанії
Тип конкуренції - олігополія	На ринку небагато компаній готових розробити схожий продукт	Надати користувачі кращі показники по безвідмовності та зручності використання
За рівнем конкурентної боротьби - міжнаціональний	Можливий вихід продукту на міжнародний ринок	Надавати користувачу інформацію на різних мовах
За характером конкурентних переваг - нецінова	Ціна не залежить на результат роботи системи	Можна розробити додаткові версії системи під різні масштаби складських приміщень

Табл 4.9. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Доступ з будь-якої точки	Доступ до системи з будь-якої точки, де є інтернет
2	Можливість самостійно вносити зміни в систему та режими роботи	Користувач може додати власні режими роботи та внести зміни в систему
3	Можливість отримати готовий код для програмування	Користувач на виході отримує готовий код Verilog

Є можливість впровадження нашого пристрою на ринку, оскільки ми можемо запропонувати нову технологію.

Таблиця 4.11. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з нашою технологією						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Доступ з будь-якої точки	10				+			
2	Можливість самостійно вносити зміни в систему та режими роботи	20				+			
3	Можливість точного регулювання параметрів повітря	20		+					

Табл.4.13. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Можливість використання системи в ручному та автоматичному режимах	Слабкі сторони: немає доступу до системи при відсутності інтернету
Можливості: дає можливість витіснити певних конкурентів з ринку за рахунок цих переваг	Загрози: можуть виникнути проблеми при великих навантаженнях в ході експлуатації

Табл 4.15. Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари- ана- логи	Рівень до- ходів цільової групи спожи- вачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на то- вар/послугу
1500-2500\$	5000\$/міс	700-1300\$

ВИСНОВКИ

1. Проведений в роботі аналіз існуючих рішень для систем керування мікрокліматом та вентиляцією, дав можливість визначити задачі, які ставляться перед такою системою у випадку її використання для створення необхідних умов у складських приміщеннях.
2. Оскільки для результативної роботи системи потрібний високий рівень тактової частоти роботи мікроконтролера, то для її апаратної розробки було вирішено використати мікроконтролер ESP8266. Також даний мікроконтролер, на відміну від інших, розглянутих в роботі, забезпечений інтегрованим Wi-Fi інтерфейсом, що дозволяє організувати передачу даних по бездротовому інтерфейсу з радіусом покриття 350 м (без перешкод).
3. Для моніторингу параметрів повітря було використано чіп HTU 21, який поєднує в собі два датчики (температури та вологості) та датчик MQ-9, який використовується для детектування та виміру рівня вуглецевого газу в повітрі. Вибрана елементна база дозволила реалізувати пристрій, здатний забезпечувати моніторинг та контроль параметрів повітря в складському приміщенні з наступними показниками точності:
 - діапазон вимірювання відносної вологості – від 0 до 100%;
 - похибка показань вимірювання вологості - +/- 2%;
 - діапазон вимірюваних температур – від -40 до +125 °C;
 - похибка показань вимірювання температури - +/- 0,3 °C
4. В пристрій також було добавлено можливість ручного керування, що дозволить в ручному режимі задати необхідні параметри системи, якщо автоматизовані параметри роботи не задовольняють вимогам користувача.
5. Розроблена система керування вентиляцією має можливість бездротової передачі даних, а отже є перспективною для впровадження

в приміщеннях складського, промислового та технологічного призначення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи підприємницької діяльності та агробізнесу За ред. М. М. Ільчука. — К.: Вища освіта, 2002. — 398 с.: іл.
2. Анохин М. Н. Исследование и разработка аппаратно-программных средств для систем управления микроклиматом : Дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 : Орел, 2003 189 с.
3. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Изд. 3-е. — М.: Евроклимат, 2001г. — 416 с. Ананьев ВА., Балужева Л. Н., Гальперин А. Д., Городов А. К., Еремин М. Ю., Звягинцева СМ., Мурашко В. П., Седых И. В.
4. Лекції з дисципліни «Інженерні мережі та комунікації». Гончар Т.М. ЛДУ БЖД, 2013.
5. Система для управления микроклиматом в теплице. Патент РФ № 2467557. Соколов И. С., Лашин А. П., Лашин Д. А., Соколов М. И. 2012.
6. Спосіб автоматичного регулювання параметрів мікроклімату в приміщенні. Патент UA №112127. Муратов В. Г., Ананський Д. В. 2016.
7. Банько В.Г. Будівлі, споруди та обладнання туристських комплексів: Навчальний посібник. 2-ге вид., перероб. та доп. — К.: Дакор, 2008. — 328 с.